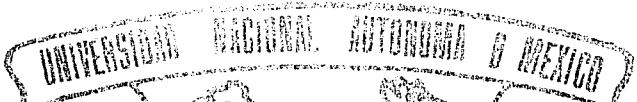


63
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



**TEORIA PARA LA DEMOLICION DE EDIFICIOS
USANDO EXPLOSIVOS.**



T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

ANTONIO GONZALEZ ROBLES

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D.F.

1991



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TEORIA PARA LA DEMOLICION DE EDIFICIOS USANDO EXPLOSIVOS

INDICE

PAG.

I.	INTRODUCCION	1
I.1.	ANTECEDENTES	1
I.1.1.	Origen de los sismos y sus características principales en septiembre de 1985	3
I.1.2.	Aspectos geológicos de la Ciudad de México	6
I.1.3.	Comportamiento de las estructuras a raíz del sismo de 1985	8
II.	TEORIA PARA LA DEMOLICION DE EDIFICIOS	17
II.1.	TEORIA QUE INTERVIENE EN LOS TRABAJOS DE DEMOLICION.....	17
II.1.1.	Organización y planeación del proyecto de demolición	17
II.1.2.	Criterios para uso de explosivos, o método tradicional.....	25
II.1.3.	Facilidad de un edificio para demolerse con explosivos	26
II.2.	ASPECTOS TECNICOS DE DEMOLICION	27
III.	DEMOLICION DE EDIFICIOS CON EXPLOSIVOS	35
III.1.	EXPLOSIVOS UTILIZADOS EN LAS DEMOLICIONES	35
III.1.1.	Historia de explosivos	35
III.1.2.	Propiedades de los explosivos	36
III.1.3.	Tipos de explosivos	44
III.1.4.	Dispositivos de iniciación	52
III.1.5.	Métodos y técnicas en voladuras	61
III.1.6.	Equipos y accesorios en voladuras	76
III.2.	PREPARACIONES PREVIAS AL EDIFICIO POR DEMOLER	79
III.2.1.	Barrenación	79
III.2.2.	Cableado	85
III.2.3.	Cortes y demoliciones menores	92
III.2.4.	Protecciones	97
III.2.5.	Dispositivos con el sistema de disparo eléctrico.....	103
III.2.6.	Cebado, taquesado	113
III.2.7.	Dosificación	117
III.2.8.	Cargado	122
III.2.9.	Seguridad en voladuras	127
IV.	EVALUACION ECONOMICA PREVIA A LA DEMOLICION	136
V.	APLICACION A UN CASO REAL.....	149
VI.	CONCLUSIONES	196

CAPITULO I

INTRODUCCION

La demolición de edificios mediante el uso de explosivos, es una técnica relativamente nueva que se ha venido aplicando en nuestro país a raíz de los graves daños causados por los sismos del 19 de septiembre de 1985.

Es por esto que merece especial atención por parte de la ingeniería mexicana, con el fin de obtener cada vez mejores resultados en su aplicación, ya que ofrece en comparación, con los métodos tradicionales grandes ventajas que amplían nuevos campos en la reconstrucción de zonas urbanas.

Hasta la fecha se han demolido en la Ciudad de México más de 30 edificios usando explosivos.

Se asignó a las autoridades de Departamento del Distrito Federal la responsabilidad de la demolición con explosivos, recayendo específicamente la aplicación y el seguimiento de éste procedimiento en la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR).

Las demoliciones que han realizado hasta la fecha, se han hecho por diversas compañías constructoras con la asesoría de técnicos mexicanos y norteamericanos. Para esto han colaborado las diversas dependencias de gobierno, que por sus funciones deben participar en el proceso de las demoliciones.

En este trabajo se expone la técnica de demolición usando explosivos enfocada a los sismos de septiembre de 1985.

El presente capítulo describe algunos antecedentes que intervinieron para la aplicación de explosivos en zonas urbanas, como son el estado que guarda la estructura después de ocurrido el movimiento telúrico. Para esto se realiza un estudio a grandes rasgos del origen y localización de los sismos, así como los

efectos del suelo en las edificaciones de la Ciudad de México, para posteriormente obtener dictámenes técnicos en base a los peritajes efectuados, como son el estado que guarda la estructura y el peligro que representa para la seguridad pública y poder tomar la decisión en base a estos, la demolición total del inmueble.

El capítulo segundo describe los aspectos técnicos que intervienen antes de llevar a cabo los trabajos de demolición, como son la organización, planeación y los aspectos técnicos que deben considerarse, ya que esto nos lleva a la obtención de buenos resultados que es uno de los objetivos principales de esta técnica, así como los criterios que deben tomarse en cuenta para la aplicación de explosivos a edificios que presenten las características adecuadas para estos efectos.

El capítulo tercero describe los principios fundamentales para el uso adecuado de los explosivos, los métodos y técnicas en voladuras, así como el equipo y accesorios necesarios para obtener resultados óptimos en la aplicación a edificios en zonas urbanas. Como también cada uno de los preparativos que deben realizarse dentro y fuera del edificio por demoler, y el método de demolición con el uso del sistema de disparo eléctrico.

En el capítulo cuarto se realiza una evaluación económica previa a la demolición con explosivos.

En el capítulo quinto se lleva a cabo la aplicación de la técnica referida en este trabajo a un caso real.

Finalmente en el capítulo sexto presento algunas conclusiones y la bibliografía complementaria sobre el tema.

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Origen de los sismos y sus principales características en septiembre de 1985.

En cuanto al origen de los sismos, la teoría moderna de tectónica de placas nos dice que el cascarón o litosfera de la tierra está constituido por placas relativamente rígidas, denominadas placas tectónicas (Fig.1.1), que se mueven unas con respecto a otras, debido a que se encuentran semisumergidas en el magma viscoso del manto superior de la tierra, como islas de basalto flotando en un mar de rocas fundidas. Estas islas son arrastradas por las corrientes conectivas que se generan en el manto y alcanzan desplazamientos relativos entre ellas, desde décimas de milímetros hasta 10 cms. por año.

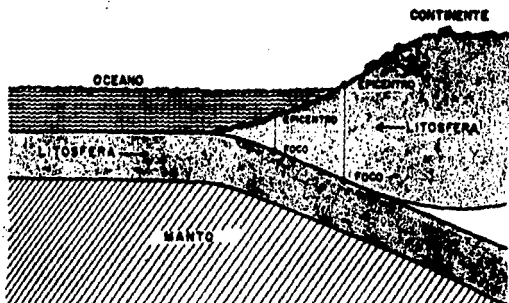


FIG. 1.1

De acuerdo con este modelo, un sismo ocurre cuando hay desplazamiento de una falla del terreno; y por falla se entiende el área la cual se deslizan dos bloques tectónicos que se han fracturado.

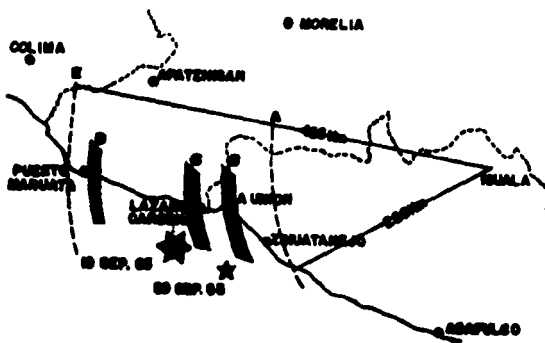
En las actualidad se han identificado seis grandes placas y seis menores; en este sentido, las zonas sísmicas de México se hayan asentadas en el borde de cuatro placas: la del Pacífico, la de Norteamérica, la del caribe y la de cocos; esta última es la más activa de todas y ocupa un área aproximada de un millón novecientos mil kilómetros cuadrados extendiéndose desde la costa de Colima hasta Centroamérica en el Pácfico, siguiendo aproximadamente el borde de la plataforma Continental Mexicana y hacia el Sur hasta la isla de Cocos muy cerca del Ecuador, con un espesor de entre 700 y 100 kilómetros. México está situado en el extremo de la placa de Norteamérica, colindando hacia el Sur con una ancha zona de fallas en la frontera con Guatemala, que lo separa el puente terrestre centroamericano, perteneciente a la placa del Caribe, hacia sus bordes Oeste y Sur a lo largo de la costa, nuestro país colinda con las placas de Cocos y la del Pacífico.

De esta manera, las placas inciden en el ámbito mexicano al interactuar en sus deslizamientos, ya que la placa norteamericana choca contra la placa del Pacífico y la de Cocos; esta última a su vez, en su movimiento hacia el noroeste se sumerge en ángulo agudo unos 120 grados aproximadamente bajo la corteza Continental Norteamericana que es menos densa en consecuencia, la placa de Cocos choca contra el territorio mexicano en un ángulo casi recto, a una velocidad de 6 cms. por año.

Las manifestaciones externas de este proceso son la fosa marina frente a la costa mexicana del Pacífico, la intensa actividad sísmica con epicentros cada vez más profundos hacia el noroeste y los diversos volcanes activos en la costa y en el interior del país.

El 19 de septiembre de 1985, a las 7:17 horas, comenzó el movimiento telúrico y cuyo origen se localizó frente a las costas de Guerrero y Michoacán, cerca de la desembocadura del Río Balsas (Fig.1.2). El epicentro se fijó a $17^{\circ} 68'$ de latitud norte y $120^{\circ} 47'$ de longitud oeste, a unos 30 kilómetros de las

poblaciones de Lázaro Cárdenas y Melchor Ocampo.



LOCALIZACION DEL SISMO DE SEPTIEMBRE DE 1985

FIG. 1.2

El sismo se debió a un fenómeno denominado subducción que aplicado al caso mexicano consiste en la inyección de la placa de Cocos por debajo de la placa continental y no se realiza como un desplazamiento uniforme sino que se desarrolla intermitentemente con desplazamientos bruscos. Cada uno de ellos genera la liberación de gran cantidad de energía acumulada por deformación elástica. El vencimiento de la fricción producida por estos desplazamientos, dió origen al terremoto y, adicionalmente a las réplicas, que son una serie de sismos de magnitud bastante menor a la del movimiento original, cuya intensidad y frecuencia tienden a disminuir pronunciadamente con el tiempo. Por lo tanto es poco probable la aparición de dos sismos de magnitud comparable en un lapso reducido de días. En el caso aquí referido, la ruptura de las placas tectónicas se inició a una profundidad entre los 16 y 18 kilómetros, con una extensión de 200 kilómetros, desde la frontera entre Colima y Michoacán, hasta Petatlán, en el

Edo. de Guerrero. Así mismo, el área de influencia de este fenómeno a partir de su epicentro se prolongó en 800 kilómetros a la redonda, por lo que resultaron afectados, total o parcialmente, las superficies de los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Colima, Chiapas, Veracruz, Puebla, México y el Distrito Federal.

El sismo del 19 de septiembre de 1985, fué registrado por diferentes estaciones que cuentan con acelerógrafos; las características más importantes fueron las siguientes:

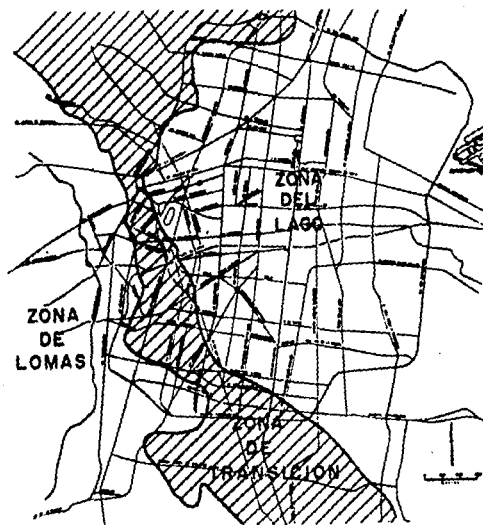
<i>Aceleración máxima</i>	<i>200</i>	<i>cm/seg²</i>
<i>Périodo dominante</i>	<i>2</i>	<i>seg.</i>
<i>Duración de la fase intensa</i>	<i>45</i>	<i>seg.</i>
<i>Desplazamiento máximo del suelo</i>	<i>42.6</i>	<i>cms.</i>
<i>Magnitud (Escala de Richter)</i>	<i>8.1</i>	<i>grados</i>

Comparando el espectro de respuesta de las estructuras con el diseño, se puede observar que los efectos máximos del temblor y de su réplica del 20 de septiembre se presentaron en edificaciones con periodo de oscilación próxima a 2 segundos, que coincide con el observado para el suelo.

1.1.2. Aspectos Geológicos de la Ciudad de México.

Desde el punto de vista estaiográfico, la Ciudad de México se asienta sobre tres tipos de suelo diferentes: las arcillas suaves con alto contenido y humedad, típicas de la antigua zona del Lago; las arenas y limos compactos, característicos de la zona de Lomeros, y los suelos de transición, constituidos por arcillas blandas con menor contenido de humedad e intercalaciones de lentes

de arena y gravas (Fig.1.3).



COMPOSICION ESTADIGRAFICA DE LA CD. DE MEXICO

FIG. 1.3

La zona más dañada por los sismos de 1985 está localizada completamente en la zona de Lago. Los valores de aceleraciones del terreno en los distintos tipos de suelo variaron del orden del 20% de la gravedad en esta zona, excediendo considerablemente las aceleraciones especificadas para diseño estructural por el reglamento de construcciones para el Distrito Federal (R.C.D.F.) a 4% de la gravedad en terrenos firmes.

La gran destrucción en la zona de Lago se debió principalmente al hecho

de que la transmisión y amplificación de las ondas sísmicas que llegaron al epicentro ocasionaron un movimiento casi armónico, con periodos dominantes de 2 segundos con grandes amplitudes y muy largo; la fase intensa del movimiento en esta zona duró cerca de 45 segundos.

Los sismos provocaron ondulaciones y plegamientos en la superficie; hubo derrumbes de muchas construcciones, colapsos parciales, gran cantidad de daños en edificios, roturas de tuberías subterráneas, hundimientos en el suelo, etc.

1.1.3. Comportamiento de las estructuras a raíz del sismo de 1985.

En la Ciudad de México se pueden considerar los siguientes tipos de construcciones básicas:

- TIPO 1. Edificios antiguos con gruesos muros de carga de mampostería y sistemas de piso a base de vigas de acero o madera sobre los que se apoyan bóvedas de ladrillo o tablones de madera. Se incluyen también aquellos que tienen arcos y bóvedas de piedra.***
- TIPO 2. Edificios estructurados con muros de carga de mampostería más delgados, pero reforzados con dadas y castillos de concreto reforzado y sistemas de piso de concreto reforzado.***
- TIPO 3. Edificios formados por marcos rígidos (columnas y trabes de concreto reforzado o de acero) y losas macizas de concreto reforzado.***
- TIPO 4. Edificios con estructuración a base de marcos rígidos de acero o de concreto reforzado y sistema de piso con losas planas aligeradas. Los muros interiores y de fachada son de mampostería y teóricamente desligados.***
- TIPO 5. Edificios con estructuración semejante al tipo 3, pero con elementos de rigidez adicionales (muros de concreto, o de mampostería***

o contraventeos diagonales) en algunas crujeas.

TIPO 6. *Edificios con estructuración semejante al tipo 4, pero con elementos rigidizantes adicionales al igual que el tipo 5.*

De acuerdo con esta clasificación, los comentarios acerca del comportamiento de las estructuras a raíz de los sismos de septiembre de 1985 son los siguientes:

Los edificios del tipo 1 y 2, empleados comúnmente para habitación, y con un máximo de 6 a 8 niveles, tienen muchos muros rígidos en ambas direcciones y sus períodos de vibración son relativamente pequeños (menores que 0.5 segundos), por lo que su respuesta dinámica en la zona de terreno blando fue pequeña y sufrieron en general pocos daños debido a los sismos; sus problemas se debieron más que nada al deterioro y la falta de mantenimiento anteriores a dichos siniestros.

Los edificios del tipo 3 y 4, de 2 a 40 pisos de altura, fueron los más afectados por los temblores, ya que en muchos casos sus períodos de vibración fueron cercanos a los de los movimientos. Los daños mayores fueron en edificios clasificados en stos dos tipos, entre los 6 y 16 niveles.

Finalmente, muy pocos edificios de tipo 5 y 6 sufrieron daños estructurales, ya que su sistema redujo los desplazamientos laterales.

Para llevar acabo la evaluación de los daños causados, se hicieron levantamientos aerofotogramétricos que apoyaron las observaciones directas.

En la evaluación preliminar se consideraron tres tipos de daño: colapso total, colapso parcial y daño estructural grave.

La zona de mayor afectación abarcó una superficie de 43 km². Y se dividió para su estudio en los 10 sectores; en dichos sectores había 53,358 edificaciones, de las cuales 133 tuvieron colapso total, 353 sufrieron colapso parcial y 271

daño estructural grave (757 ó 1.4 % de las edificaciones) en relación con su uso, el 55% de los edificios dañados eran de habitación, 23% de oficinas administrativas privadas 9% de edificios gubernamentales y 13% de usos diversos como fábricas, escuelas, hoteles, comercios, bancos, etc.

Ciertamente hubo muchos edificios afectados en menor grado. Los informes oficiales mencionan más de 3,300 edificios afectados, pero más de la mitad de ellos tuvieron únicamente daños no estructurales y pueden repararse fácilmente.

a) Tipo de daños y fallas en las estructuras.

El concreto reforzado era el material predominante en las estructuras que fueron seriamente afectadas. Pocos edificios de estructura de acero resultaron dañados, debido principalmente a que este material se emplea en las construcciones más altas, cuya respuesta dinámica fué menos debido a que sus periodos de vibración son más largos que los del suelo. Hubo únicamente un edificio de acero de 21 niveles que colapsó su periodo de vibración medido antes de los temblores de septiembre de 1985 era de 2 segundos por lo que fué seguramente un caso típico de resonancia.

Los principales tipos de daños encontrados en edificios de concreto fueron: agrietamiento diagonal en vigas, columnas y muros debido a fuerza cortante; agrietamientos y pérdida de concreto en vigas y columnas debido a compresión causada por flexión o por la combinación de flexión y carga axial, con pandeo de acero de refuerzo; fallas por cortante alrededor de las columnas en estructuras a base de losas planas aligeradas, con varios casos de punzonamiento.

Hubo una mayor incidencia de fallas en edificios de 6 a 16 niveles, principalmente con los tipos de sistema estructural 3 y 4 descritos anteriormente. Muchas fallas en pisos superiores o intermedios fueron causadas por galpateo

con edificios adyacentes, cambios en masa y rigidez en la elevación ó cargas excesivas. Un gran número de edificios ubicados en esquina sufrieron daños importantes debido a oscilaciones torsionales causadas por la colaboración de muros "no estructurales" colocados asimetricamente, ya que las deformaciones provocadas por los sismos excedieron en general la holgura que se había dejado entre la estructura y los muros desligados, obligando a estos elementos a absorber las fuerzas sísmicas.

Los edificios con losas planas aligeradas unidas a las columnas para formar marcos equivalentes tuvieron el doble de fallas que los que tenían marcos rígidos constituidos por trabes peraltadas y columnas.

Los casos de primer piso superiores de edificios de departamentos, con estacionamientos sin muros en el primer nivel, fueron también la razón de algunos colapsos totales o parciales (asimetría notable de rigidez).

Los desplazamientos que sufrió el terreno ocasionaron también asentamientos en edificios, derrumbes de bardas y agrietamientos en calles y banquetas.

Dentro de los daños menos importantes, se presentaron muy comúnmente fisuras y separaciones en muros desligados, fallas en acabados y deformaciones leves en algunos elementos estructurales; este tipo de problemas, más que poner en peligro la estabilidad de las estructuras, crearon confusión entre muchas personas.

b) Peritajes estructurales.

Los peritajes estructurales más en forma, más al detalle, se hicieron necesarios para construcciones de todo tipo, especialmente para aquellas donde usualmente existen grandes concentraciones de personas o equipo de mucho valor, (escuelas, bibliotecas, hospitales, multifamiliares, museos, etc.).

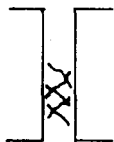
Después de los primeros días de desastre y confusión total, se nombraron por parte de las autoridades competentes los llamados Cardenales, peritos en estructuras con experiencia y suficientes antecedentes como conocedores de la materia; a estos especialistas se les encomendaron las tareas más importantes de peritaje estructural.

En general, los peritajes estructurales se realizaron en base a estudios profundos de los inmuebles, atendiendo a su tipo de estructuración y su respuesta ante los sismos recientes; en algunos se utilizaron técnicas avanzadas tales como pruebas de carga, radiografías y mediciones de precisión, llegándose a establecer reales y congruentes.

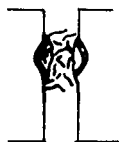
Además de las inspecciones preliminares y de los peritajes, la Compañía Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano (ISTME, S.A.) efectuó un censo aproximado de los daños sufridos por los edificios existentes en la zona más afectada de la Ciudad, mismo que se sirvió de base para la elaboración de las normas de emergencia del R.C.D.F. y que determinara los parámetros a considerar en futuros estudios, (VER TABLA 1).

TABLA I

ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO DE DAÑO	CAUSA
Columnas (Fig. 1.4)	<p>Grietas diagonales</p> <p>Grietas verticales</p> <p>Desprendimiento del recubrimiento</p> <p>Aplastamiento del concreto y pandeo de barras.</p>	<p>Corante o torsión</p> <p>Flexocompresión</p> <p>Flexocompresión</p> <p>Flexo compresión</p>
Vigas (Fig. 1.5)	<p>Grietas diagonales</p> <p>Rotura de estribos</p> <p>Grietas verticales</p> <p>Rotura del refuerzo</p> <p>Aplastamiento del concreto.</p>	<p>Corante o torsión</p> <p>Corante o torsión</p> <p>Flexión</p> <p>Flexión</p> <p>Flexión</p>
Unión de viga columna (Fig. 1.5)	<p>Grietas diagonales</p> <p>Falla por adherencia del refuerzo de vigas.</p>	<p>Corante</p> <p>Flexión</p>
Sistema de piso (Fig. 1.6)	<p>Grietas alrededor de columnas en losas o placas planas</p> <p>Grietas longitudinales</p>	<p>Penetración</p> <p>Flexión</p>
Muros de concreto (Fig. 1.7)	<p>Grietas diagonales</p> <p>Grietas horizontales</p> <p>Aplastamiento del concreto y pandeo de barras.</p>	<p>Corante</p> <p>Flexocompresión</p> <p>Flexocompresión</p>
Muros de mampostería (Fig. 1.8)	<p>Grietas diagonales</p> <p>Grietas verticales en las esquinas y centro</p> <p>Grietas como placa perimetralmente apoyada</p>	<p>Corante</p> <p>Flexión y volteo</p> <p>Flexión</p>

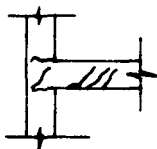


a). Bridas diagonales

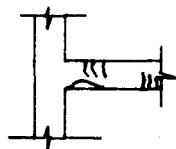


b). Apilamiento del concreto y pando de barras.

COLUMNAS
FIG.1.4

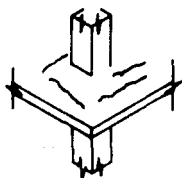


a). Bridas diagonales

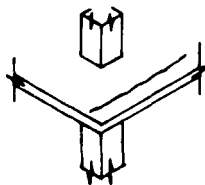


b). Bridas verticales y apilamiento de concreto

UNION DE VIGA COLUMNA
FIG.1.5

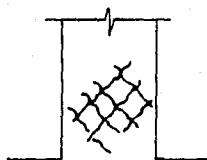


a). Bridas por penetracion

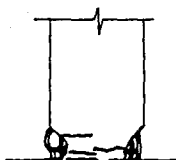


b). Bridas longitudinales

SISTEMA DE PISO
FIG.1.6

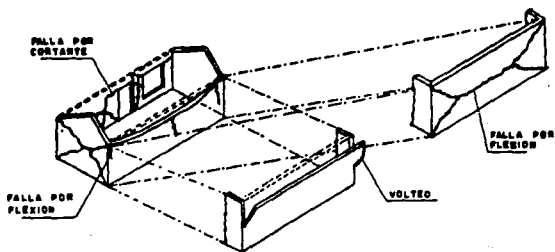


a) Grietas diagonales



b) Grietas horizontales, aplastamiento de concreto y pandeo de barras.

MUROS DE CONCRETO
FIG.1.7



MUROS DE MAMPOSTERIA
FIG.1.8

c) *Modificaciones de emergencia al R. C. D. F.*

Además de la intensidad de los macrosismos de septiembre de 1985, los daños acumulados en el tiempo por sismos anteriores y por hundimientos en algunas zonas fueron causas adicionales del impacto que aquéllos tuvieron en las construcciones de la Ciudad de México.

Los registros instrumentales sugieren que las sollicitaciones dinámicas del temblor principal excedieron a las especificaciones en las normas vigentes del diseño sísmico, las cuales se apoyaron principalmente en estadísticas en 1970.

Los eventos de septiembre de 1985 hacen necesaria la revisión de la información estadística y de otro tipo relacionada con la sismicidad en la Ciudad.

En vísperas de los terremotos, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal estaba siendo estudiado para promover que se modificara en la mayoría de sus disposiciones atendiendo a la experiencia previa de investigaciones.

Atendiendo a la urgencia de reparaciones, restructuraciones y construcciones en proceso, se redactan las llamadas normas de emergencia, reconociendo las limitaciones que les impone la brevedad del tiempo en que fueron elaboradas y la necesidad de que sean sustituidas por un nuevo reglamento, debidamente fundado y analizado.

Las normas de emergencia tienen en cuenta los tipos de daños que en esta ocasión prevalecieron y que se han mencionado anteriormente; básicamente modifican al reglamento anterior en algunas disposiciones de diseño y construcción para obras futuras, así como para rehabilitación de estructuras existentes, hayan sido o no dañadas por los sismos.

CAPITULO II

TEORIA PARA LA DEMOLICION DE EDIFICIOS

Este capítulo tiene como objetivo principal conocer los aspectos teóricos que intervienen en la técnica de demolición con el uso de explosivos.

Las causas por las que se tienen que demoler un edificio son las originadas por los sismos, incendio, hundimiento, desplome, etc., como los que están en buenas condiciones pero que es necesario retirarlos para construir obras de mayor importancia por términos de vida útil, etc., dichas construcciones pueden estar estructuradas de acero y/o de concreto. Este trabajo se enfocará basicamente a edificios dañados por sismos y estructurados a base de concreto.

Cabe mencionar que esta técnica de demolición con el uso de explosivos puede ser utilizada para cualquiera de las causas antes mencionadas.

II.1. TEORIA QUE INTERVIENE EN LOS TRABAJOS DE DEMOLICION

II.1.1. Organización y planeación de los trabajos de una demolición.

La organización en la demolición de un edificio con el método de explosivos es de fundamental importancia, ya que de ésta depende que se obtengan resultados satisfactorios como lo es en cualquier obra ó actividad ingenieril a desarrollar.

A manera general se expondrá la forma en que se lleva a cabo la planeación de las actividades que se deben realizar antes y después de la demolición de un edificio, ya que toda preparación requiere de una organización mínima con objeto de atender por lo menos a las cinco áreas básicas de todo proceso en una demolición, las cuales podemos clasificar en:

- *La tramitación legal y/o administración.*
- *La planeación y control de las preparaciones en el edificio.*
- *El avance de obra.*
- *El control de calidad de dichas preparaciones y el cargado.*
- *Demolición y resultados finales.*

El objetivo de esta organización es de poder ejecutar con la mayor eficiencia la demolición del inmueble cumpliendo con las especificaciones marcadas en planos, elaborados previamente de las preparaciones; es decir logrando la calidad que se requiere en el trabajo para permitir obtener una buena fragmentación del edificio por derrumbar, y los menores daños a colindancias, si es que las hay.

Cada construcción por demoler tiene su forma de preparación muy particular, osea que se puede decir que existen diferencias muy notables entre la preparación de un edificio con espacios libres a su alrededor y otro con colindancias muy cercanas, por lo que la organización y planeación varía entre un inmueble a otro.

La técnica siempre es la misma, se aplican en las columnas principales de las construcciones cargas explosivas (hidrógeles), que al detonar fracturan las bases de las construcciones y la ley de la gravedad realiza lo demás; aunque lo importante es donde exactamente colocar las cargas y los tiempos de detonación de tal manera que los escombros caigan en un lugar planeado previamente.

Dentro de los preparativos legales y administrativos mencionados, Covitur fué el organismo asignado para llevar a cabo la organización general por parte del D.D.F., que se encarga de tramitar todo lo relativo a los preparativos como son:

- *Nombre del edificio*
- *Localización*
- *Tipo de propiedad*
- *Motivos por el que se propone demoler*
- *Notificaciones con S.G.O.*
- *Situación financiera*
- *Seguros*
- *Situación legal*
- *Notificaciones y permisos a dependencias involucradas como son I.N.B.A, S.E.P., SEDUE, S.T.C., TEL-MEX, PEMEX, DELEGACION, ETC.*

Estos preparativos corresponden a la primera etapa del proceso para la demolición de un edificio, en general se encarga de planear y coordinar la administración de la demolición, dictamina con base a un análisis de costos (precios unitarios) la constructora que se encargará de llevar a cabo las preparaciones necesarias en el edificio y la supervisión en la realización de éstas.

El papel principal es el de mantener las normas, o sea, ver que las actividades se desarrollen conforme a lo planeado, que el costo no exceda del standar preestablecido, que la mano de obra lleve a cabo los preparativos de acuerdo con el método standar predeterminado, que los materiales y la mano de obra que se necesiten se encuentren a la mano, que los embarques se lleven de acuerdo con el programa en las cantidades correctas, que no desciendan de la calidad de las preparaciones del edificio y así sucesivamente.

Pero para que este organismo pueda cumplir satisfactoriamente todos los encargos ya mencionados con anterioridad es necesario coordinarse con otro grupo de gentes como son: Grupo de Ingenieros y/o Arquitectos para supervisión, un Grupo de Especialistas ó Técnicos en estructuras, un Grupo de Profesionistas de servicios urbanos, Policías, Militares, etc., para realizar de la mejor manera

posible el plan operativo para la ejecución de la demolición de edificios que lo conforman las cuatro etapas subsiguientes, a la ya tratada.

La segunda etapa en la demolición con explosivos la constituye la planeación y el control de las preparaciones, la cual se inicia con una visita por parte de los especialistas en demoliciones al inmueble por derrumbar y en la que se analizan la posible caída de los escombros. Inmediatamente después, una brigada de Ingenieros en estructuras realizan un levantamiento de daños en el edificio (análisis técnico) para inspeccionar y poder determinar la seguridad que existe para trabajar dentro del edificio.

Además los ingenieros en estructuras realizan un peritaje en el que dictaminan el porque de la demolición, o sea que se dan las razones con base en el estado que guarda la estructura, los desplomes y hundimientos, riesgos para la seguridad pública, etc.

Cuando existen posibles riesgos para trabajar dentro del edificio, los ingenieros en estructuras dictaminan las preparaciones que son necesarias para poder mantener sin riesgo de peligro al personal que se encuentre dentro del edificio, llevando a cabo las indicaciones pertinentes.

Es de fundamental importancia que exista una brigada de topografía desde el inicio hasta el final de los preparativos en el edificio por demoler, ya que esta proporciona desplomes y hundimientos con precisión que son muy importantes con el transcurso del tiempo, principalmente en edificios seriamente dañados en su estructura. Esta brigada vacía en un papel la forma geométrica del edificio en el que se deben señalar detalladamente las particularidades que presenta la estructura como son: contorno real del edificio, el área de la superficie del edificio, la diferencia de altura (hundimientos) que tienen los puntos fijos en la estructura conforme transcurre el tiempo.

La brigada de topografía debe realizar sus lecturas por lo menos cada 2 horas, aunque este lapso de tiempo puede variar con respecto a las condiciones

estructurales del edificio, ya que de haber posibles movimientos que pongan en peligro a la gente que se encuentre dentro del edificio trabajando ésta sea desalojada lo más pronto y con el debido orden.

Antes de dar inicio a las preparaciones se debe rescatar todas las pertenencias y cosas de valor que se deseen retirar del edificio, desconectar todos los suministros y servicios que se encuentren a una distancia de 6 a 10 metros, revisión de las estructuras circundantes sujetadas a posibles daños y la protección de las mismas, según sea necesario. Para evitar problemas con los propietarios de inmuebles cercanos, es recomendable llevar a cabo un levantamiento fotográfico de las construcciones y un peritaje oficial antes de la demolición con notario presente para testimoniar las condiciones estructurales de dichas construcciones.

Los Ingenieros en estructuras se encargan de obtener la distribución de los elementos estructurales (principalmente columnas) del edificio por demoler, marcos estructurales en diferentes visitas de manera clara y sencilla para que sobre estos planos se indiquen las preparaciones necesarias por parte de los técnicos especialistas en demoliciones con explosivos y que son entregadas al personal encargado de la supervisión que tendrá bajo su cargo que se cumplan al pie de la letra estas indicaciones.

El área de supervisión se encarga de interpretar las preparaciones y vigilar que éstas sean cumplidas, de tal forma que si no se realizan, ordenar las medidas preventivas y correctivas que juzgue necesarias para reulizar su función. Este equipo de trabajo abarca la tercera y cuarta etapa básicas en una demolición, por lo tanto también debe de dar un reporte de avance por día, para lo cual debe de inspeccionar la burrenación, la demolición de muros, las protecciones, verificar la calidad de las preparaciones, etc.

La constructora encargada de llevar los preparativos en el edificio por demoler debe cumplir con las especificaciones y procedimientos señalados en los

planos respectivos.

La calidad en las preparaciones es muy importante, ya que de éstas dependerán los resultados finales, por lo tanto la supervisión debe de vigilar que se cumplan los requisitos preestablecidos, reportando las diferencias que se encuentren, con objeto de que se tomen las acciones necesarias para corregir las desviaciones existentes.

Cuando se les da el visto bueno a las preparaciones se inicia el cargado de explosivos en la estructura, la ejecución técnica programada va directamente relacionada al conocimiento detallado de los efectos que el explosivo habrá de desarrollar una vez que ha sido colocado en el lugar preestablecido en los planos y ser detonado por medio de disparo eléctrico.

En esta etapa de cargado se debe de tomar en cuenta la prevención de accidentes, ya que se debe recordar que se están utilizando explosivos muy potentes y que existen varios artefactos y métodos para ayudar a controlar el manejo de estos debe comprenderse que el mal control puede matar o herir a muchas personas.

Todos los explosivos son peligrosos y deben ser manejados y usados con cuidado por personas competentes y experimentales, o bajo la vigilancia de estas.

Todas las personas que manejen los explosivos tienen la responsabilidad de conocer y poner en práctica todas las medidas aprobadas de seguridad.

En el caso del edificio demolido que se trata en este trabajo la Secretaría de la Defensa Nacional, con un grupo de elementos de esta corporación y técnicos especialistas en demoliciones con explosivos se encargaron de realizar la tarea de dosificar el explosivo y conformar los circuitos eléctricos hasta el puesto de mando o punto de detonación con el respectivo tendido de cables.

Es fundamental, además de conocer el explosivo a utilizarse en demoliciones, conocer en detalle la gama de iniciadores y su funcionamiento, que

harán posible la detonación técnica del explosivo y a la vez permitirán el control del efecto de caída deseada.

Los iniciadores, que se trataran en el capítulo tercero, son elaborados con la finalidad de encender en forma instantánea o retardada la detonación de las diferentes cargas colocadas en las columnas de la estructura, y es con éstos donde se determinan la secuencia del trabajo del explosivo y la caída de los escombros.

En las demoliciones de edificios los iniciadores son vitales para el buen funcionamiento del sistema; la dirección de caída depende del diagrama de aplicación de los iniciadores, la fragmentación deseada depende de la caída programada, la seguridad de la calidad del trabajo realizado, la costeabilidad de la demolición, etc.. Por lo cual su adecuada aplicación depende de saber aprovechar la gama de los mismos.

Comprendiendo el efecto del explosivo y la acción que desarrolla el iniciador ó retardo, se puede considerar la forma de efectuar la demolición de columnas en variados lugares y niveles del edificio, para buscar los resultados óptimos en la demolición.

La demolición se programa aprovechando su propio peso; el no planear correctamente puede crear la caída del mismo con muy mala fragmentación, dejando losas, trabes y columnas superiores sin daños considerables. Entonces el costo de limpieza aumentará, por lo cual es muy importante dar el uso lo más apropiado posible a los explosivos. Siempre se debe buscar obtener las ventajas de seguridad, de tiempo y de costo con respecto a la demolición manual ó tradicional.

En las demoliciones de edificios con explosivos es muy importante tomar en cuenta los aspectos de seguridad, el aspecto social y el efecto hacia la comunidad; para el caso tratado en el capítulo quinto se hizo un análisis regional para acordamiento a 200 metros a la redonda del edificio por demoler con ayuda de personal de servicios urbanos por parte del D.D.F., esta cooperación se

encargó de dar aviso de la fecha y hora de la detonación para que la gente que habitará en el área restringida fuera desalojada con el propósito de trabajar con mayor seguridad y como medida de precaución.

El control técnico de todas estas demoliciones requirió del registro con sismógrafos de los efectos de vibración creada por la caída del edificio y detonación de los explosivos, las cuales fueron muy pequeñas no capaces de provocar problemas en construcciones cercanas. Otra consideración que hay que tomar en cuenta es la del golpe de aire que puede ocasionar daños a colindancias cercanas, y por lo tanto tratar de evitar estos.

Exactamente después de la detonación entran pipas con agua y aspersoras con mangueras para disminuir la cantidad de polvo que es expulsado a la caída del edificio. Se realiza una inspección técnica visual para dar dictamen de resultados, mientras se continúa con la limpieza de las calles circundantes mediante agua (pipas y mangueras) para dar la autorización del tráfico de vehículos en la zona circundante al sitio de la demolición conforme sea necesario.

De forma muy general, todo el programa operativo para la ejecución de la demolición de un edificio se puede enlistar como sigue:

- *Tramitación y deliberación del edificio por demoler.*
- *Análisis del acordonamiento regional y local.*
- *Revisión del plan de protección de instalaciones y construcciones cercanas.*
- *Determinación del personal responsable para el manejo de explosivos, de la seguridad del operativo, de invitados y periodistas, levantamiento fotográfico notarial, peritajes de edificaciones aledañas, etc.*
- *Aprovisionamiento de todos los materiales por utilizar en la demolición, como son materiales explosivos, alambre, pinzas, mallas, triplay, radios,*

explosor, etc.

- *Realización de preparaciones en el edificio, por parte del personal de la Constructora designada, con la adecuada supervisión.*
- *Resguardo de los explosivos en el sitio de trabajo durante el tiempo de cargado.*
- *Establecer sistema de señalamiento (alarma) que se utilizará en el momento previo a la voladura.*
- *Determinar el lugar preciso del puesto de mando en donde se encontrará el explosor.*
- *Revisión final previa a la voladura y colocación de sismógrafos.*
- *Demolición.*
- *Periodo para permitir el asentamiento del polvo para evaluación del trabajo con un recorrido final.*
- *Autorización del tráfico de vehículos en la zona circundante al sitio de la demolición conforme sea necesario.*
- *Iniciar la limpieza de las calles circundantes mediante agua.*
- *Programa del retiro de escombros y reciclaje de éste, uso posterior del suelo.*

11.1.2. Criterio para demolición mediante el uso de explosivos y demolición tradicional.

En general cualquier edificación se puede demoler usando la técnica de explosivos, la ventaja principal y directa es la rapidez en contraste con el método tradicional o manual, el cual resulta muy prolongado e inseguro sobre todo en edificios con alturas mayores o iguales a 6 niveles. La demolición de edificios con ambos métodos tienen el mismo objetivo, fragmentar la edificación lo suficiente para poderla retirar con el uso de recursos de transporte, maquinaria, etc..

mientras el grado de fragmentación sea mayor se tendrá un mejor y más rápido manejo de rezaga.

Uno de los factores importantes en la técnica de demolición de edificios con explosivos, que se analizará en el capítulo tercero, del cual depende una buena parte el éxito de obtener una buena fragmentación, es la energía potencial gravitatoria, la cual puede ser útil a partir de edificios con una altura de 6 niveles; es decir, al aprovechar la fuerza de caída del edificio no se requiere preparar todos los niveles con explosivos, haciendo el método más económico, lo contrario pasaría en edificios de menos de 6 niveles, en los que habría que preparar prácticamente todos los niveles, encareciéndose el método de explosivos y resultando más competitivo el método tradicional. El procedimiento de demolición con explosivos es aplicable básicamente a edificios altos.

La demolición con explosivos tiene las mismas características de una obra de construcción, se requiere de un proyecto, un contratista que lo ejecute y un supervisor que lleve el control, más a parte la asesoría técnica de un especialista en estructuras, que si bien en una obra de construcción no se utilizan sus servicios, aunque debiera hacerse, en este caso es vital su presencia.

II.1.3. Factibilidad de un edificio para demolerse con explosivos.

Una vez que se decida demoler un edificio, se deberán planear y estudiar los diversos procedimientos para demolerlo, siendo los más comunes:

- Procedimiento tradicional a mano o con herramientas manuales.*
- Demolición a base de grúa con pera.*
- Demolición a base de explosivos.*
- Procedimiento mixto (combinaciones de los anteriores).*

El análisis de los métodos factibles de aplicarse en cada caso, llevará a la solución más adecuada, no existe un patrón general que diga que solución aplicar, habrá que analizar cada situación en particular. Un factor muy importante que debe tomarse en cuenta al estudiar la posibilidad de aplicar explosivos, es el problema de colindancias. Cuando los edificios colindantes están muy próximos al edificio que se va a demoler, existe el riesgo de dañarlos. Este riesgo proviene por un lado, de la imposibilidad de precisar con exactitud la dirección de la caída del edificio, y por otro, se debe a que el volumen de material del edificio se conserva al demolerlo. Por lo tanto, al caer el edificio el material tenderá a derramar, con el consiguiente empuje sobre las estructuras vecinas. Es ideal, por lo tanto, que un edificio se encuentre lo suficientemente aislado para no enfrenar estos problemas. En la práctica, sin embargo, los edificios se presentan con limitaciones de colindancias que deberán considerarse cuidadosamente en el proceso de la demolición.

Dependiendo del caso, será necesario en algunas ocasiones demoler a mano, previamente, la parte del edificio que sea requerida, para asegurar que no se causen daños, con la caída a las construcciones colindantes. En otras ocasiones, será más conveniente hacerle preparaciones a las estructuras vecinas para minimizar los daños. Incluso, puede contemplarse la posibilidad de correr el riesgo de dañarlas, cuando el costo de reparación sea menor al de las preparaciones. Esto está considerado, a que se pueda llegar a un arreglo previo, de tipo legal, con los dueños de los inmuebles.

II.2. ASPECTOS TECNICOS DE LA DEMOLICION

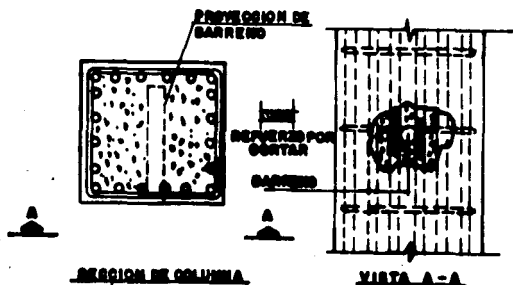
Del proyecto de las preparaciones necesarias para demoler el edificio, el 80% aproximadamente, se hacen en elementos resistentes, siempre en columnas, muros de cortante (de concreto reforzado) y algunas veces en traveses con

secciones muy robustas.

Las preparaciones en los elementos estructurales, consisten principalmente en barrenaciones que se pueden hacer sin dificultad, si éste se encuentra en buen estado. Pero para el caso de edificios dañados, como es particular, un Ingeniero estructurista, es el que debe dictaminar si se pueden realizar o no en los elementos estructurales; hasta inclusive limitar zonas en las que no se permita hacer ningun trabajo, o si se requiere de apuntalamiento, etc.

A menudo algunos elementos resistentes requieren debilitarse; por ejemplo:

1. Columnas con refuerzo longitudinal uniformemente distribuido en su sección, no permiten el paso del barreno, sobre todo en columnas de planta baja ó en zonas de traslope del armado longitudinal, en las que la separación libre entre varillas es de sólo unos cuantos centímetros, por lo tanto en la zona del barreno habrá que demoler el recubrimiento del refuerzo y cortar con soplete una y dos varillas y dar así paso al barreno (Fig. II.1).



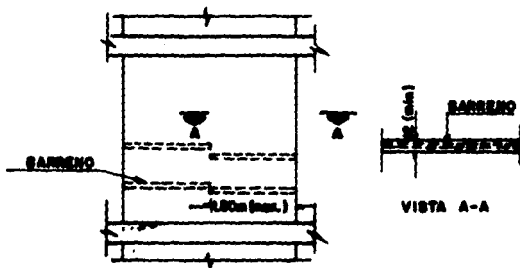
CORTE DE REFUERZO PARA PODER BARRENAR
FIG. II.1

2. *Los muros de cortante de concreto reforzado, que sólo tengan la función de dar rigidez para resistir fuerzas sísmicas, se podrán demoler total ó parcialmente dependiendo de las condiciones generales del edificio, ya que por ejemplo éste puede estar desplomado y por lo tanto dicho elemento estructural puede estar trabajando. Para el caso de muros de concreto reforzado que tengan ambas funciones de rigidez y de carga, por lo general deberán demolerse parcialmente, inclusive en forma de arco, de tal forma que resulten columnas independientes que se puedan barrenar con facilidad, sobre todo en muros que tengan una longitud mayor a los 3 metros. Para el caso de muros con menos de 3 metros de longitud, no se requerirá demolerlos, a menos que el contratista garantice con personal calificado y equipo adecuado, barrenos de una longitud del orden de hasta 1.50 metros bien centrados en espesores de muros del orden de 12 cms. o más (Fig. II.2) y dependiendo de la dirección de caída del edificio.*

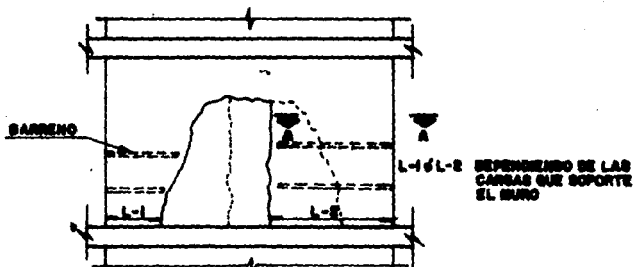
El éxito de una buena fragmentación depende principalmente de aprovechar la energía potencial gravitatoria, sobre todo de los niveles superiores, ya que éstos tendrán más aceleración y por lo tanto más fuerza en su caída, siempre y cuando ésta sea libre. Para poder garantizar la caída libre de los niveles superiores, será indispensable preparar adecuadamente los niveles inferiores, sótano si existe, planta baja y primer piso, en los que además de barrenarse todas las columnas de preferencia en toda la altura del entrepiso y cargar con explosivos, habrá que remover todo elemento que oponga resistencia a la caída, como son: los muros divisorios, los muros de los cubos de escaleras y elevadores, los cuales pueden llegar a ser tan rígidos que se comportan como muros de cortante en los que adicionalmente habrá que demoler rampas y cortar las guías metálicas respectivamente.

Dichos elementos que pueden oponer resistencia a la caída libre y no son

de carga ó estructurales, a menudo en edificios dañados trabajan como puntales



MURO CON SU PLANO PERPENDICULAR
A LA DIRECCION DE CAIDA



MURO CON SU PLANO PARALELO
A LA DIRECCION DE CAIDA

PREPARACIONES EN MUROS DE CONCRETO REFORZADO

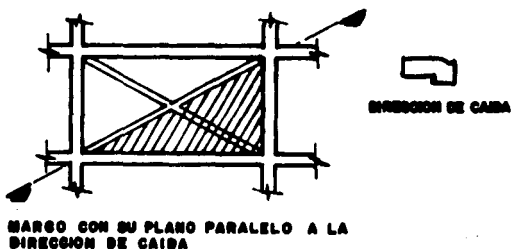
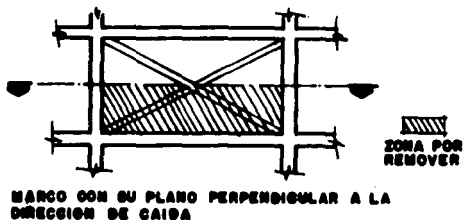
FIG.II.2

sosteniendo traves, losas, etc., con fallas y es el estructurista quien decidirá si se retiran dichos elementos de acuerdo a los daños existentes.

Por lo expuesto en los anteriores puntos sale sobrando decir la importancia de tener a la mano los planos del proyecto estructural del edificio por demoler, ya que con ellos se puede tener idea de que elementos son más o menos resistentes y dosificar adecuadamente los explosivos, saber si el edificio ha sido reparado ó reestructurado por anteriores daños, etc. Dichos planos los manejará e interpretará adecuadamente el especialista en estructuras, en el mejor de los casos, ya que por lo general los edificios por demoler carecen de la existencia del proyecto estructural, y por lo tanto habrá que ejecutar un levantamiento para poder elaborar croquis que sustituyen dichos planos y para que éste sea lo más detallado posible, habrá que hacer calas si es necesario para poder identificar todos los elementos resistentes.

Una vez que se ha estudiado el edificio y se conoce su estructuración, se tendrán elementos para tener idea de como se deforman sus marcos y con esto controlar mejor la caída del edificio durante su detonación. Por ejemplo si el edificio está formado por marcos rígidos, éste tendrá una deformación de "modo cortante", si son marcos de cortante se deformará de modo flexionante, etc., es decir comportamientos globales de la estructura en elevación; en planta habrá que tomar en cuenta irregularidades como son plantas muy alargadas, piso suave, cubos de luz, sistemas de piso muy rígidos que actúen como diagramas en el sentido de la caída limitando la buena fragmentación, etc. En el caso de marcos contraventados, habrá que demoler parcialmente una o dos de las partes inferiores de los contraventeos según el proyecto de caída. (Fig. II.3.)

Los edificios más adecuados para demoler con los explosivos son los que a parte de tener 6 ó más niveles se encuentran aislados, es decir no tienen edificios colindantes, de lo contrario se les podría dañar, excepto cuando se va a demoler una cuadra entera. Cuando hay edificaciones colindantes separadas de



PREPARACIONES EN MARCOS CONTRAVENTADOS

FIG. II.3

2 metros en adelante aproximadamente, se puede decir que el edificio está aislado, si la separación disminuye habrá que hacer preparaciones adicionales, las cuales se describen en el capítulo tercero, dichas preparaciones siempre implican

la intervención del Ingeniero estructurista.

La dirección de caída del edificio se puede proyectar y controlar con la ubicación de explosivos y detonandolos a diferentes tiempos con los estopines de retardo y a un más con preparaciones como las de remover muros o no, etc., pero aún así existen riesgos de que el edificio caiga hacia otro lado no proyectado por varias causas, entre las principales pueden ser estructuras muy dañadas, las cuales ya se comportan como mecanismos, edificios desplomados o con sus marcos deformados por desplazamientos laterales sobre todo en columnas, o porque en planta son irregulares y presentan durante la caída zonas débiles ó fuertes, etc. Este riesgo puede causar daños a otras estructuras vecinas o bloquear el tránsito de alguna avenida importante.

Para evitar ó disminuir dicho riesgo, se puede utilizar el cableado, que consiste en fijar cables de acero tensados en columnas y muros (ver capítulo III), para asegurar la dirección de caída, dicho cableado al ir tenso puede dañar la estructura que esté en buenas condiciones o peligrar la estabilidad de ésta, si ya esta dañada, cuando se tensa demasiado o se requiere de mucho cableado, tanto localmente como en conjunto, por lo tanto el estructurista deberá especificar las fuerzas de tensión que haya que aplicar al cableado.

En general los barrenos se podrán dosificar con explosivos de acuerdo al tamaño de la columna utilizando un factor de carga debido a la alta densidad del explosivo. Dicha dosificación en general resulta sobrada y se puede reducir basándose en pruebas en sitio, es decir, se elige una columna o dos internas y se detonan con diferentes dosificaciones, se estudian los resultados y se ajusta la dosificación. Dichas pruebas deberán ser estudiadas previamente, ya que podrían producir un colapso parcial ó total de la estructura, por lo tanto el estructurista deberá estimar que la columna que se detone distribuya su trabajo a los elementos resistentes adyacentes, de lo contrario habrá que prescindir de dichas pruebas.

La caída del edificio provoca con su impacto un sismo local, el cual debe de considerarse si existen estructuras cercanas dañadas, teniéndolas que proteger con apuntalamientos o inclusive repararlas previamente a la detonación. En realidad dicho sismo es pequeño y no problemático.

CAPITULO III

DEMOLICION DE EDIFICIOS CON EXPLOSIVOS

Este capítulo tiene como objetivo principal, conocer la historia de los explosivos, propiedades y tipos de estos, para llegar a la selección más óptima a utilizar en demoliciones, ya que del aprovechamiento técnico de las fuerzas generadas por la detonación debidamente iniciado, y diseñado, así como de la calidad de las preparaciones previas nos permite lograr una buena fragmentación del edificio, que es uno de éxitos buscados de esta técnica.

Que se detallarán en el transcurso del presente capítulo.

III.1. EXPLOSIVOS UTILIZADOS EN LAS DEMOLICIONES

III.1.1. Historia de los explosivos

La actual industria de los explosivos industriales, tiene sus raíces en el descubrimiento y desarrollo de la pólvora negra. Se piensa que los primeros que la usaron con fines pirotécnicos fueron los chinos, sin embargo, no fué sino hasta 1242 cuando el fraile inglés Roger Bacon publicó una fórmula para la pólvora negra. Su primer uso para voladuras se efectuó en Hungría en 1627 por medio de Kasper Weinal. En la actualidad su uso en voladuras está restringido a la mecha de seguridad y a canteras de materiales suaves como el mármol.

En 1846 Ascanio Sobrero descubrió la nitroglicerina, sin embargo, su poligrosidad en el uso y manejo provocaron que por veinte años no se utilizará. Fué hasta 1866, cuando Alfredo Nóbél mezcló nitroglicerina con diatomáceas o tierra de infusorios que se inventó la primer dinamita; en 1875 al disolver

nitrocelulosa en nitroglicerina inventó la primer dinamita gelatina. Nóbél inventó también el primer iniciador constituido de un empaque metálico que contenía fulminato de mercurio, siendo este, uno de los factores más importantes en el desarrollo del empleo de explosivos.

En 1903 se fabricó la primera dinamita en México en el pueblo de Dinamita Dgo.. En 1925 se introdujo en la fabricación de dinamitas el Etilen-Glicol, para controlar su congelamiento. En 1946 se introducen los primeros iniciadores eléctricos con retardos de milisegundos.

En nitrato de amonio mezclado con materiales combustibles, fué patentado en 1955 por H.B., L.E.E. y R.L. Arke, dando origen al anfo (ammonium nitrate-fuel oil). Los hidrógeles se empezaron a desarrollar en 1940, sin embargo no se comercializaron, porque los barrenos usados eran en su mayoría inferiores a 10 cms. empezando su verdadero desarrollo en los años cincuentas, hasta llegar a la actualidad, donde en los últimos años no se ha vuelto a instalar ninguna fábrica de dinamitas, utilizando únicamente las ya existentes e instalando nuevas plantas para fabricar hidrógeles.

En lo referente a iniciadores, en 1976, se introdujeron al mercado iniciadores de retardo no eléctricos que presentan ventajas en algunas operaciones.

III.1.2. Propiedades de los explosivos

Fundamentalmente los explosivos tienen 3 aspectos:

1. Es un compuesto químico que requiere para su inicio o ignición, medios como el calor, el impacto o fricción
2. Después de la ignición, reacciona rápidamente detonando.
3. La detonación provoca una liberación rápida de calor y gran cantidad de

gases que se expanden rápidamente con una fuerza tal que vencen a las fuerzas confinantes.

La energía creada por la detonación de explosivos causa fundamentalmente cuatro efectos:

- 1. La fragmentación de la roca o material confinante.*
- 2. desplazamiento de la roca o material confinante.*
- 3. Vibración del aire (ruido).*
- 4. Golpe del aire.*

Estudiando el proceso de detonación y las propiedades inherentes de cada explosivo, se puede optimizar su trabajo, seleccionar el adecuado para la tarea que se le vaya a dar y mejorar o crear nuevos explosivos.

A continuación se describe el proceso de detonación y algunas de las propiedades más importantes de los explosivos como son:

- Velocidad de detonación*
- Densidad*
- Presión de detonación*
- Energía*
- Potencia*
- Resistencia al agua*
- Sensitividad*
- Sensibilidad*
- Humos*
- Flamabilidad*

Proceso de detonación:

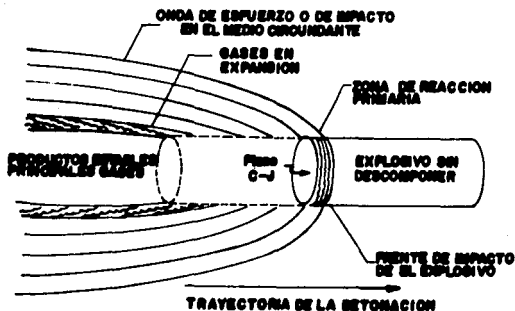
La detonación consiste en una liberación de energía que comienza con la ignición y se mantiene con una onda de choque de velocidad mayor a la del sonido del material explosivo. Si la onda de choque no es lo suficientemente rápida, es decir con una velocidad menor a la sónica del explosivo, resulta una deflagración, que consiste en una liberación de energía rápida pero que no produce ondas de choque lo suficientemente considerables, por ejemplo para fracturar la roca, por lo tanto todos los explosivos comerciales trabajan detonando.

La velocidad de 900 m/seg., arbitrariamente separa a la deflagración de la detonación.

La (Fig. III.1) muestra gráficamente una detonación, la superficie en donde empieza la ignición se denomina ("zona de reacción primaria") la cual está limitada en su parte anterior por el frente de choque y en la posterior por el plano de Chapman-Jouquet (C-J). Detrás del plano C-J se encuentran gases con temperaturas de 3000 a 7000° C y altas presiones del orden de 100 000 kg/cm², conocidos como los productos de reacción que se expanden creando una onda de choque, esfuerzo o impacto, la cual para el caso de barrenos se propaga en sus paredes hacia el material que está siendo volado.

Velocidad de detonación:

La velocidad de detonación es la rapidez de propagación de la onda de choque a través de la columna de un explosivo, dicha velocidad debe ser igual o ligeramente mayor a la velocidad sónica tanto del explosivo como la del material a volar.



PROCESO DE DETONACION

FIG. III.1

La velocidad de detonación depende principalmente de los siguientes factores:

- Tipo de explosivo
- Diámetro
- Confinamiento
- Tipo de cebado
- Temperatura

En un explosivo de alta velocidad la zona de reacción primaria es de unos cuantos milímetros y la onda de choque forma ángulos pequeños con la columna del explosivo, por el contrario, en una de baja velocidad el espesor es de varios centímetros y ángulos grandes (ver FIG. III.1), esta propiedad se aplica para

el ángulo deseado en voladuras de rocas, ya que el comportamiento es similar.

Las magnitudes de las velocidades de detonación, fructuan entre los 1525 m/seg. a 6705 m/seg. en los explosivos actuales.

En general la velocidad resulta más alta cuando el diámetro del explosivo es más grande, hasta llegar a su velocidad máxima (velocidad hidrodinámica), por el contrario, si se reduce el diámetro la velocidad disminuye hasta llegar al diámetro mínimo (crítico) en el cual la detonación ya no se sostiene y se extingue.

Mientras el confinamiento sea mayor en un explosivo, más alta resultará la velocidad de detonación, por ejemplo: el diámetro crítico de un explosivo confinado en un barreno, será menor que el del mismo explosivo sin confinar. Esto se debe a que si el perímetro confinante en un medio incomprensible (roca), la onda de choque tiende a conservarse junto con la presión, temperatura, etc., y en un medio fácilmente comprensible (aire, agua, roca porosa, etc.) esta decae súbitamente al comprimir dicho medio, perdiendo energía, apoyo, etc., y por lo tanto velocidad.

La temperatura en general, si es baja, disminuye la sensibilidad de los explosivos y con ello la velocidad de detonación, sobre todo en los explosivos que contienen líquidos y en menor grado a los explosivos que son sólidos a temperaturas normales y que contienen poco o ningún líquido.

El tipo de cebado (detonadores o dispositivos de iniciación) garantiza que el explosivo alcance velocidad máxima siempre que se utilice el adecuado y dependiendo de las condiciones de uso. Se recomienda seguir las especificaciones del fabricante.

Densidad:

La densidad, peso volumétrico o gravedad específica se expresa en gramos por centímetro cúbico tomando como referencia la del agua igual a 1(g/c.c.).

La densidad de un explosivo es un factor esencial para el proyecto de una voladura ya que con esta se puede cuantificar los kilos que se puede cargar por metro de barreno, así como el conocimiento de si se hundirá el explosivo en el agua.

Las altas densidades causadas, por ejemplo, por la presión hidrostática de barrenos profundos llenos de agua, la compactación por la onda de choque de la detonación de un barreno adyacente, etc., pueden disminuir o eliminar la sensibilidad de un explosivo ya que llegan a su densidad crítica.

Presión de detonación:

La presión de detonación es la fuerza o frente de choque que comprime el área detrás del plano de Chapman-Jouquet (C-J) es muy importante ya que es la que causa el efecto de fragmentación y no de desplazar objetos, y está relacionada con el nivel de esfuerzo en el material a volar.

La presión de detonación es una función de la densidad, la velocidad de detonación, y de la velocidad de la partícula del explosivo.

Para calcular aproximadamente la presión de detonación en kilobars se usa la siguiente expresión:

$$P = 2.5 p D^2 \times 10^6$$

Donde:

P = Presión de detonación (kilobars)

p = Densidad (g/c.c.)

D = Velocidad (m/seg.)

Energía - Potencia:

La potencia es la propiedad que tiene un explosivo para fragmentar y mover eficientemente material.

Actualmente los científicos han estudiado factores que tratan de predecir la acción de una voladura y su eficiencia pero no lo han logrado satisfactoriamente debido a la compleja naturaleza de los materiales que son volados.

Dichos factores son pruebas y cálculo de propiedades como la energía teórica y trabajo de expansión, la medida de propiedades como son el impacto bajo el agua y la energía de burbujeo, el impulso de la onda de choque, y las medidas de la onda de esfuerzo en el material que se volará. Por lo tanto las propiedades del explosivo así como las del material a volar, influyen en la efectividad.

La energía teórica o calculada de un explosivo es la diferencia entre el calor de formación de los productos de la explosión, y el calor de formación de los ingredientes del explosivo.

Resistencia al agua:

Es el número de horas en que un explosivo puede ser cargado en agua y aún detonar. El tiempo es afectado por la profundidad del agua y el que ésta sea estática o dinámica y/o a baja o alta presión.

Sensibilidad:

La sensibilidad es una medida de la energía mínima, presión, etc., requeridas para iniciar un explosivo. Existen numerosas medidas de sensibilidad

como son al fulminante, a pruebas de calda, de bala, de fricción, calor, etc.

La más común en la industria de los explosivos es la expresada en la potencia del fulminante que puede iniciar el explosivo.

Sensitividad o sensibilidad a la propagación:

Es la propiedad que tiene un explosivo de propagarse de un cartucho cebado (donador) a cartucho otro no cebado (receptor). Algunos explosivos son tan sensibles que se propagan entre barrenos separados considerablemente, dependiendo del material a volar, tamaño de la carga, presencia de agua, etc.

Por lo tanto en general es indispensable la propagación entre cargas individuales, ya que se requiere que éstas detonen independientemente a intervalos de tiempo o retardos predeterminados y no instantáneamente.

Humos:

La naturaleza de gases, tóxicos o no, humo, vapor, etc., resultantes de una detonación varían según la clase de explosivo.

A los gases venenosos o tóxicos se les denomina emanaciones dentro de la industria de los explosivos, ya que pueden ser inodoros e incoloros y confundirse con el humo que está compuesto generalmente de vapor y de los productos sólidos de combustión.

Los factores que aumentan los gases tóxicos pueden ser las formulaciones deficientes, cebado inadecuado, insuficiente resistencia al agua, falta confinamiento, reacciones del producto con la roca o material que está siendo volado, reacción incompleta, etc., por lo tanto se recomiendan períodos de espera antes de regresar al área de detonación.

Flamabilidad:

Es la propiedad con que un explosivo puede ser iniciado mediante calor.

La mayoría de las dinamitas tienen este riesgo, ya que se inician rápidamente y se consumen violentamente con el calor.

Los explosivos de nitrato de amonio como los hidrogeles, tienen una tendencia menor a convertir la combustión en una detonación, por lo tanto tienen un mayor margen de seguridad; pero aún así, no se debe de olvidar que son explosivos y deben manejarse como tales.

III.1.3. Tipos de explosivos

Por explosivo se entienden aquellas sustancias de poca estabilidad química que son capaces de incendiarse o detonar, de producir una gran cantidad de energía, la que provocará una explosión. Si esta está confinada se aprovecha para degradar el material que se encuentre en su alrededor. El nitrato de amonio es un ingrediente esencial en casi todos los explosivos comerciales.

A continuación se señalarán los tipos de explosivos más comunes que podrían utilizarse en demoliciones.

DINAMITAS:

La dinamita se ha desempeñado admirablemente durante los últimos 100 años como soporte de la industria de los explosivos comerciales. El principal defecto de la dinamita es su contenido de nitroglicerina, que la hace peligrosa de fabricar, transportar y usar.

La primera dinamita resultó cuando Alfredo Nobel descubrió que cantidades relativamente grandes de nitroglicerina podían ser absorbidas por la diatomita lo que las hacía más seguras de transportar y usar.

Las dinamitas modernas pueden definirse como mezclas sensibles al fulminante, las cuales contienen nitroglicerina ya sea como sensibilizador o como el principal medio para desarrollar energía, y la cual se descompone a la velocidad de detonación.

Actualmente se han desarrollado hidrogeles (Water Gels) para reemplazar a la dinamita, donde los requerimientos de desempeño y las condiciones no favorecen el uso de productos anfo.

Las dinamitas se empacan en cartuchos cilíndricos de diámetro de 7/8" y mayores, con longitudes que varían desde 8 a 24 pulgadas. Varias protecciones de papel o envolturas se usan para empacarlas y protegerlas de la humedad. El porcentaje de peso total y tipo de envoltura tienen una influencia importante en la producción de gases tóxicos, en la resistencia al agua, y en la capacidad de atacado y cargado.

Las dinamitas deben ser manejadas y almacenadas de acuerdo con los reglamentos federales, estatales y locales.

Hay tres tipos básicos de dinamitas:

- Granulares*
- Semigelatinas*
- Gelatinas*

La diferencia básica es que las dinamitas gelatinas y semigelatinas contienen nitro-algodón, un nitrato celuloso que se combina con la nitroglicerina para formar una gelatina cohesiva. La viscosidad de este producto depende del

porcentaje de nitro-algodón. Las dinamitas granulares, por otra parte, no contienen nitro-algodón y tienen una textura granulosa.

En adición a esta clasificación, las dinamitas difieren también en los materiales usados para proporcionar su principal fuente de energía. En las dinamitas "puras" la nitroglicerina es la principal fuente de energía, aumentada por la reacción de varios absorbentes activos llamados "materiales absorbentes". Los más notables entre estos son: el nitrato de sodio y combustibles carbonosos. En las dinamitas amoniacaes, frecuentemente referidas como dinamitas "extra", el nitrato de amonio reemplaza una gran porción de nitroglicerina para dar un producto más barato y más resistente al impacto. En las dinamitas "amoniacaes" el nitrato de amonio es la principal fuente de energía y la nitroglicerina sirve principalmente como sensibilizador.

Actualmente el conocido y antiguo cartucho de dinamita está siendo reemplazado por un nuevo explosivo hidrogel o plástico, encartuchado de diámetro pequeño, este explosivo fue el que se utilizó en la demolición del edificio tratado en este trabajo y que se detallará en este capítulo.

Debido a las ventajas de este explosivo plástico es obvio que la dinamita pronto será obsoleta para todos los usos, con excepción de muy pocos usos especializados.

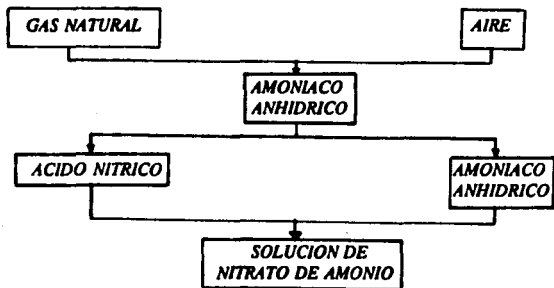
ANFO

El uso predominante es la forma de gránulos de nitrato de amonio, una pequeña bolita porosa mezclada con aceite combustible. Desde su introducción en 1950, los productos de anfo han encontrado un uso extensivo en una gran variedad de aplicaciones para voladuras como minas de carbón de superficie, de minas de metales, canteras y construcción de carreteras.

Sus limitaciones (no tiene resistencia al agua y baja densidad) se deben al mismo producto, previo a la introducción del anfo, al sistema de voladuras.

El producto de anfo más ampliamente usado es una mezcla de granel balanceado en oxígeno, de cerca de un 94% de gránulos de nitrato de amonio y de un 6% de aceite combustible diesel.

La producción de los granulados de nitrato de amonio es un proceso de múltiples pasos que con gran frecuencia se inicia con gas natural y aire, de acuerdo la siguiente gráfica:



PROCESO DE FABRICACION DEL ANFO

Los granulados más apropiados para productos explosivos tienen una densidad de partícula en el rango de 1.40 a 1.50 gr/c.c.

La tierra diatomácea y los surfactantes se usan para recubrir el granulado y minimizar el agluamiento. Demasiado recubrimiento en la superficie del granulado interferirá con la distribución del aceite y el desempeño del anfo será afectado. Un buen granulado explosivo tiene generalmente una mínima cantidad

de agente antiaglutinante, típicamente menos del 1%.

La velocidad de detonación del anfo vaciado depende del diámetro de barreno y del grado de confinamiento en el cual se inicia. La velocidad de detonación aumenta, al aumentar el diámetro del barreno. El anfo alcanza su velocidad hidrodinámica o ideal aproximadamente 4750 m/seg. en un barreno de 25 cm. de diámetro. Aumentar el tamaño del barreno más allá de este diámetro o alterar las propiedades físicas del producto de anfo no aumentará su velocidad de detonación.

La sensibilidad del anfo puede aumentarse al reducir el tamaño de la partícula de nitrato de amonio granulado. Sin embargo, en aplicación práctica no es confiablemente sensible, y requiere de un cebado adecuado. Para cebar el anfo es desable un cebo de iniciación de alta energía. La presión de detonación del cebo deberá ser mayor que la presión de detonación del anfo.

La cantidad de aceite que es combustible carbonoso, afecta la energía teórica, velocidad, sensibilidad y emanaciones del anfo y mezclas similares. El anfo con cerca de un 6% de aceite en peso tiene la máxima energía teórica (900 cal/g) y más alta velocidad de detonación teórica (4750 m/s).

La cantidad de gases tóxicos producidos, dependen de las condiciones bajo las cuales se use el anfo. Demasiado aceite incrementa la producción de monóxido de carbono, por lo que un uso inadecuado puede dar como resultado un nivel peligroso de gases tóxicos.

Comercialmente los productos anfo se venden a granel, en bolsas y encartuchados.

HIDROGELES (WATER GELS)

A fines de la década de los sesentas se desarrollo un sensibilizador, en el cual se podía confiar para proporcionar una detonación en barrenos tan pequeños

como una pulgada de diámetro, con lo que se eliminó a la nitroglicerina como ingrediente básico en explosivos encartuchados de diámetro pequeño. A la nueva línea en explosivos se les denominó "hidrogeles" (water gels), los cuales tienen un desempeño igual o mejor que el de la dinamita.

Para poder llevar a cabo la comercialización de este nuevo producto se realizó un extensivo trabajo de investigación y pruebas de campo para obtener los mejores resultados posibles. Entre las numerosas ventajas de los hidrogeles las más importantes son: mayor control de densidad del barreno, flexibilidad mejorada en la carga, fragmentación excelente, peligro de propagación de barreno a barreno minimizado, reducción de humo y de gases tóxicos, eliminación de los dolores de cabeza producidos por la nitroglicerina.

Los hidrogeles consisten en sales oxidantes, combustibles y sensibilizadores, disueltos o dispersos en una fase líquida continua. La mezcla es inmediatamente espesada y hecha resistente al agua mediante la adición de gelatinizadores y agentes de cruce - eslabonado. Las sales oxidantes son usualmente seleccionadas del nitrato de amonio, nitrato de sodio y nitrato de calcio.

Además de la mejora en la seguridad, algunas propiedades importantes son: energía, densidad, velocidad, sensibilidad y resistencia al agua.

La energía contenida por un explosivo determina la cantidad de trabajo que es capaz de realizar. La energía es expresada en términos de cal/gr.; para los hidrogeles la energía disponible para consumo directo en voladuras, varía cerca de 700 cal/gr. hasta 1460 cal/gr.

La densidad de los hidrogeles fluctúan desde cerca de 0.80 g/c.c. hasta 1.60 gr/c.c.; en la mayoría de las gelatinas tienen una densidad de entre 1.10 gr/c.c. y 1.35 gr/c.c.

La velocidad de detonación de la mayoría de los hidrogeles se incrementa cuando su diámetro y grado de confinamiento aumenta. En la TABLA 2 se muestran las propiedades físicas nominales de varios grados de hidrogeles de la marca Du Pont.

TABLA 2

HIDROGELES (WATER GELS) DE DU PONT

PRODUCTO DU PONT	DIAMETRO (pulgadas)	DENSIDAD (gramos/C.C.)	VELOCIDAD ft/seg m/seg	RESISTENCIA AL AGUA	SENSIBILIDAD AL FULMINANTE
TOVEX 90	1-1 1/2	0.90	14100 4300	BUENA	SI
TOVEX 100	1-1 3/4	1.10	14760 4500	EXELENTE	SI
TOVEX 200	1-1 3/4	1.10	15750 4800	EXELENTE	SI
TOVEX 300	1-1 1/2	1.02	11150 3400	BUENA	SI
TOVEX 500	1 3/4-4	1.23	14100 4300	EXELENTE	NO
TOVEX 650	1 3/4-4	1.20	15750 4800	EXELENTE	SI
TOVEX 700	1 3/4-4	1.20	15750 4800	EXELENTE	SI
TOVEX 800	1 1/3-4	1.20	15750 4800	EXELENTE	SI
TOVEX T-1	1	0.23LB/PIE	22000 6700	BUENA	SI
TOVEX P	2 - 4	1.10	15750 4800	EXELENTE	NO
TOVEX S	2 1/4-2 1/2	1.38	15700 4800	EXELENTE	SI
TOVEX C	EN BOLSAS			EXELENTE	SI
TOVEX EXTRA	4 - 8	1.33	18700 5700	EXELENTE	NO
POURVEX E.	3 1/2 6 MAS	1.33	16000 4900	EXELENTE	NO
DRIVEX	1 1/2 6 MAS	1.25	17300 5300	EXELENTE	NO

Lo ideal de un material explosivo es que sea sensible a la iniciación mediante cebos de iniciación e insensible a la iniciación accidental. Una de las ventajas de los hidrogeles es que son confiablemente sensibles a los métodos de cebado convencionales y significativamente más resistentes que la dinamita a la iniciación accidental debido a abusos de impacto, choque o fuego.

La resistencia al agua de los hidrogeles es generalmente excelente, pero a semejanza de la dinamita, esta resistencia puede ser significativamente disminuida si el producto no es usado en la forma adecuada. Cuando está empacado, su resistencia al agua es igual o superior a la dinamita/gelatina.

Se utiliza equipo sofisticado para empaclar los hidrogel en cartuchos tan pequeños, como de una pulgada de diámetro. La textura final es flexible pero firme; en el mercado nacional existe una marca conocida como "Tovex", en donde se presentan como diferentes tipos de empaques los cartuchos de este explosivo. La elección del empaque y de su grosor para productos individuales está basada en las condiciones de carga que el producto encontrará en la aplicación de campo.

A continuación se describe de manera general uno de los tipos de hidrogel "Tovex" mencionados en la tabla anterior por ser el que se utilizó en la demolición del edificio descrito en el Capítulo V.

- Hidrogel encartuchado "Tovex" 100. Este hidrogel es de diámetro pequeño, su diámetro va desde 25 mm (1") a 50 mm (2") la densidad es de 1.10 gr/c.c. y tiene velocidades de detonación de 4000 m/seg. a 4910 m/seg. dependiendo de su diámetro. Se fabrican en longitudes standar de 300 a 400 mm. Su resistencia al agua es superior a la de las dinamitas gelatinas y semigelatinas standar. Los gases que disipa a su detonación son mínimos y no tóxicos. Su energía es de 8000 cal/gr., que se puede comparar con la de las dinamitas como se indica en la (Fig. III.2).

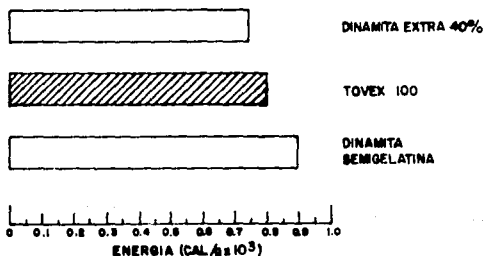


FIG. III.2

Para las características de ruptura del material de la envoltura, para introducir el detonador dentro del cartucho, se recomienda hacer la perforación en un extremo frontal junto al cierre metálico. No se recomienda perforar lateralmente el cartucho. Es indispensable asegurar que en el manejo del cartucho cebado, el detonador no se salga del cartucho. Este tipo de hidrogel se ceba y se carga de manera similar a las dinamitas. Su facilidad de compactación proporciona el máximo acoplamiento al barreno y a la máxima densidad de carga. Basta un leve empuje del atacador para llenar el barreno. Tiene excelente plasticidad y adherencia.

Este hidrogel está diseñado para minimizar la propagación entre barrenos, por lo que todo sistema de retardo para aumentar la fragmentación y para reducir la vibración funciona apropiadamente.

III.1.4. Dispositivos de iniciación.

El éxito de una voladura depende en gran parte de una buena elección y manejo de dispositivos de iniciación para detonar las cargas del explosivo.

El dispositivo de iniciación o detonador es un poderoso explosivo sensible que detona dentro del explosivo base poco sensible pero más poderoso, provocándole su iniciación y una detonación con el máximo de energía y potencia a causa de la onda de choque y calor de la primera detonación.

Dado que los dispositivos de iniciación están hechos para explotar, se les deberá de dar el mismo trato que el de un explosivo, e incluso no exponerlos a fuentes de energía eléctrica.

Los dispositivos de iniciación se dividen en dos tipos, de acuerdo a la energía que utilizan.

ELECTRICOS
(estopines)
instantaneos
de retardo corto
de retardo largo
especiales
sismógrafos

NO ELECTRICOS
(fulminantes)
fulminantes
mecha de seguridad
cordón detonante
accesorios

Iniciadores eléctricos:

En la actualidad el detonador de más uso es el estopín eléctrico, ya que tiene las ventajas de efectuar la voladura con una máquina explosora que provee la energía eléctrica lejos del área de la voladura en un lugar seguro y con un número considerable de estopines, conectados en circuitos bien diseñados, además de que estos pueden ser instantaneos, de retardo, de diferente potencia, muy rápidos con tiempo de ruptura, especiales para resistir altas temperaturas, etc. y por lo tanto tienen aplicaciones diversas.

La parte principal es el casco metálico cilíndrico (Fig. III.3), que tiene en su extremo abierto un tapón hermético, inclusive al agua, de plástico que da paso y fija los dos alambres del estopín, los cuales se unen en el interior por medio de un alambre corto de alta resistencia denominado "alambre puente", que está incorporado a una mezcla de ignición, la que es iniciada por el calor inducido por la corriente eléctrica que llega a través del circuito. En el caso de un estopín eléctrico instantáneo, una vez que la mezcla de ignición tiene iniciación, éste provoca la detonación de la carga primaria o de iniciación y ésta a su vez la detonación de la carga base constituida de un alto explosivo. Para el caso de un estopín eléctrico de retardo, la mezcla de ignición primero inicia una columna de pólvora de retardo que tarda en consumir un tiempo determinado

antes de iniciar la carga primaria, la duración del intervalo de tiempo entre la aplicación de la energía eléctrica y la detonación del estopín, dependen de la longitud de la columna de pólvora y la proporción de su consumo. Los casquillos pueden ser de aluminio o bronce.

Los alambres de los estopines eléctricos son conductores sólidos de cobre o hierro aislados con un recubrimiento plástico que también les añade resistencia y flexibilidad. Dicho recubrimiento tiene colores brillantes con el objeto de tener una alta visibilidad y fácil identificación.

En general los alambres de los estopines se presentan enrollados formando un ocho, asegurado con una banda de papel.

El par de alambres del estopín tiene sus extremos libres sin recubrimiento, pero están protegidos con un derivador para que no pase ninguna corriente eléctrica no deseada al circuito del alambre puente, el derivador consiste en una lamina de aluminio con recubrimiento de celofán que envuelve a los dos alambres del estopín en corto circuito en toda la longitud descubierta, sirviendo de aislador. El derivador se retira fácilmente ahorrando tiempo en las conexiones del circuito de la voladura.

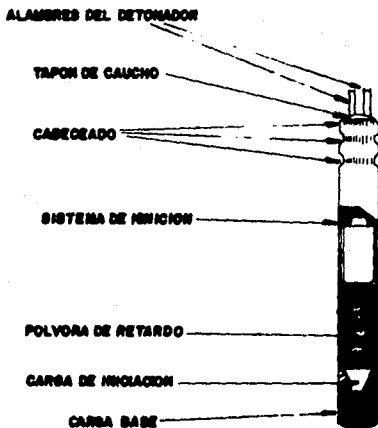
Los estopines tienen diferentes cantidades de carga base y por lo tanto diferentes potencias.

En la actualidad se han creado series de retardo de estopines con secuencias de tiempo para diferentes necesidades. Ya que cada estopín, dentro de una serie de retardos tiene diferente intervalo de tiempo, se les asigna un número de período para especificarlos junto con una tarjeta de identificación numerada y con su respectivo color.

Los estopines eléctricos se pueden conseguir con retardos de tiempo que van desde unos pocos milisegundos hasta 15 segundos.

Se describirán brevemente las diferentes series y su uso, a excepción de las de segundo que son las idóneas para la demolición de edificios que se

describirán con mayor detalle.



ESTOPIN ELECTRICO

FIG. III.3

La serie de retardos para minas de carbón tiene 10 períodos que van de 25 milisegundos a 1 segundo, sus cascos metálicos son de bronce y con alambres de hierro y para su manejo deben seguirse las especificaciones del departamento de minas.

Las series de retardo cortos tienen 11 períodos que van de 25 a 350 milisegundos. Estos estopines de corto periodo de retardo moverán la roca más lejos del frente, que la serie de estopines de retardo largo, debido a la interacción de barrenos adyacentes.

Existen estopines instantáneos standar, también los hay instantáneos especiales resistentes a altas temperaturas.

Hay estopines sismográficos, instantáneos de rápido funcionamiento, que detonan en menos de medio milisegundo, después de la descarga eléctrica aplicada.

Esto es muy importante en trabajos sismográficos, ya que la señal eléctrica que marca el inicio del registro sísmico, debe ser la misma que origina la detonación, esta igualación de tiempos se denomina tiempos de ruptura.

Estopines eléctricos con serie de retardos largos:

La serie de retardos largos, tiene duraciones de tiempo nominales de 25 milisegundos para el período cero y hasta 7.4 segundos para el último período de retardo. Estos intervalos de retardo entre estopines están proyectados para disparar en secuencia exacta con suficiente tiempo entre períodos para permitir el movimiento de roca. El intervalo de tiempo entre retardos ha sido diseñado para prevenir la sobreposición de éstos y dar mejores resultados en la voladura.

Estos estopines de largo periodo se utilizan principalmente en minería bajo tierra, contra pozos, profundización de tiros, proyectos de drenaje, etc., y como ya se había dicho, para la demolición de edificios por su exactitud y por la

diferencia a intervalos de tiempo de 1/2 segundo, aproximadamente entre una y otra o varias columnas contiguas, logrando la fragmentación de los sistemas de piso, por el acotamiento o desintegración súbita de una columna con respecto a las contiguas. Lo contrario pasaría si se usaran series de período corto o estopines instantáneos en los que al detonar casi simultáneamente todas las columnas, los sistemas de piso caerían enteros sobre puestos uno encima de otro.

Estos estopines se fabrican con casquillo metálicos de aluminio y están disponibles con alambres de cobre para uso general, o de hierro para minas que no permitan la contaminación de cobre o con diferentes longitudes. Los alambres son de colores, uno amarillo y uno azul, o uno rojo y uno verde.

Una etiqueta de color diferente para cada período, pegada cerca del extremo del derivador, muestra tanto el número de secuencia del retardo como el número de período. Las tablas 3 y 4 enlistan los tiempos nominales de cada período de retardo de fabricación nacional y extranjera, respectivamente.

TABLA 3

SERIE DE RETARDO "ACUDET" DE DU PONT NACIONALES

PERIODO DE RETARDO	TIEMPO NOMINAL DE RETARDO MILISEGUNDOS	COLOR DE ETIQUETAS
0	25	BLANCO
1	500	PURPURA
2	1,000	ROJO
3	1,500	AZUL
4	2,200	BLANCO
5	3,000	VERDE
6	3,800	NARANJA
7	4,600	BLANCO
8	5,500	NEGRO
9	6,400	BLANCO
10	7,400	CAFE
11	8,500	BLANCO
12	9,600	BEIGE
13	10,800	VERDE OLIVO
14	12,100	AZUL CLARO
15	13,600	BLANCO
16	15,200	BLANCO

La serie de estopines eléctricos de retardo "Acudet" Marck V de Dupont, tiene tiempos de retardo nominales de 25 milisegundos para el periodo cero aproximadamente 15,200 milisegundos para el último periodo de retardo.

**RESISTENCIA NOMINAL DE LOS ESTOPINES
ELECTRICOS DE DU PONT EN OHMS POR ESTOPIN**

LONGITUD DEL ALAMBRE DE COBRE EN PIES **RESISTENCIA EN OHMS
DEL ESTOPIN EN RET-
TARDO**

6	1.24
8	1.32
10	1.40
12	1.48
16	1.65
20	1.81
24	1.97
30	2.21
40	2.06
50	2.32
60	2.59
80	2.61
100	3.01
120	3.41
150	4.01
200	5.02
250	6.02
300	7.03
400	9.03

* a 20° C (68° F)

TABLA 4
SERIES DE RETARDO "TIME MASTER" DE ATLAS POWER
EXTRANJEROS

PERIODO DE RETARDO	TIEMPO NOMINAL DE DE RETARDO MILISEGUNDOS	COLOR DE ETIQUETAS
0	8	BLANCO
1	500	BLANCO Y NEGRO
2	1,000	VERDE
3	1,500	MORADO
4	2,000	AZUL MARINO
5	2,500	ROJO
6	3,000	PURPURA
7	3,500	MORADO Y BLANCO
8	4,000	AMARILLO
9	4,500	NARANJA
10	5,000	BLANCO Y VERDE
11	5,500	MORADO Y NEGRO
12	6,000	VERDE Y BLANCO
13	6,500	AMARILLO Y NEGRO
14	7,000	CAFE Y BLANCO
15	7,500	BLANCO Y AZUL

La serie de estopines eléctricos de retardo "Time Master" de Atlas Power tiene tiempos de retardo nominales de 8 milisegundos para el período cero a aproximadamente 7,500 milisegundos para el último período de retardo de 500 en 500 milisegundos, entre períodos de retardo.

**RESISTENCIA NOMINAL DE LOS ESTOPINES
ELECTRICOS DE ATLAS POWDER EN OHMS POR
ESTOPIN.**

**LONGITUD DEL ALAMBRE RESISTENCIA EN OHMS
DE COBRE EN PIES**

6	1.6
8	1.7
10	1.8
12	1.8
16	1.9
20	2.1
24	6.3
30	2.2
40	2.3
50	2.6
60	2.8
80	3.3
100	3.8
120	4.4
150	5.1

▪ a 20° C (68° F)

III.1.5. Métodos y técnica de voladuras

- Disparo con fulminante y mecha:

La mecha es un medio para transmitir el fuego a un fulminante o a una carga explosiva a una velocidad continua y uniforme de 18.29 m/seg. aproximadamente.

Consiste en un núcleo de pólvora negra elaborada especialmente para este propósito, cubierto y protegido por varias capas de materiales textiles e impermeabilizantes.

Cuando arde la mecha, el fuego queda encerrado dentro de su estructura y sólo brotan, en cada extremo, en la forma de pequeños chorros de fuego al

flamazo inicial y final. Las características del flamazo final no tienen importancia alguna para el usuario, ya que siempre ocurre dentro del fulminante y en contacto con la carga explosiva del mismo. El flamazo inicial si es de importancia, pues comprueba al usuario que el núcleo de pólvora ha sido encendido y que la mecha está ardiendo.

La velocidad de combustión y la sesibilidad del núcleo de pólvora negra de la mecha de seguridad puede ser afectada por varios contaminantes (aceite, gasolina, solventes, pinzuras, etc.) absorbidos directamente a través de la cubierta de la mecha; por esto los materiales textiles e impermeabilizantes que rodean y protegen el núcleo de pólvora, le proporcionan una excelente protección contra la abrasión, el maltrato o la contaminación por humedad.

En general las recomendaciones que se deben seguir para tener un buen resultado en una voladura con mecha y fulminante son: proporcionar ventilación adecuada, evitar humedad, evitar el calor excesivo, calentar la mecha antes de usarla y evitar el contacto con aceites y disolventes.

Para llevar a cabo el ensamble del fulminante y la mecha se debe usar únicamente mecha que este en buenas condiciones, que ésta tenga las puntas secas, cortar la mecha con herramientas que tenga un buen filo; todos los cortes deberán estar limpios y en escuadra (Fig. III.4). Además nunca utilizar mechas cortas, buscar la longitud uniforme de éstas y tener un manejo apropiado con mucha precaución.



CORTE ADECUADO EN MECHAS

FIG.III.4

Disparo con un cordón detonante:

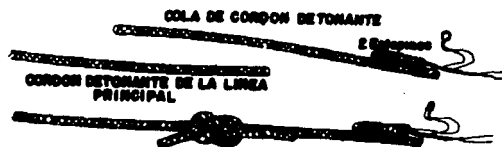
El cordón detonante es un tubo flexible que contiene un núcleo central de un explosivo de alta velocidad sensible al fulminante, que se usa para; detonar otro alto explosivo con el que éste entra en contacto y para transmitir una onda de detonación de cordón detonante a cordón detonante o a un detonador no eléctrico de retardo.

Las diversas combinaciones de envolturas textiles y plásticas proporcionan la resistencia de tensión del cordón y la resistencia al agua. El cordón detona a 6700 m/seg. y son relativamente sensibles a la detonación accidental.

El cordón detonante es fácil de conectar en una voladura. La mayoría de los cordones detonantes disparan entre secciones empalmadas o unidas con seguridad y firmeza, mediante nudos apropiados.

En el edificio demolido con explosivos que se analiza en este trabajo, se utilizo el cordón detonante para fragmentar muros de concreto ligados a las columnas, mediante la utilización de estopines eléctricos de retardo.

Los estopines de corto intervalo de tiempo se conectan como se indica en la (Fig. III.5). De tal forma que detona primeramente el cordón, con lo que desliga a el muro de concreto de la columna para permitir la voladura de esta en un intervalo de tiempo con diferencia de milisegundos, por lo que se logra una buena fragmentación.



FIJACION DE CORDON DETONANTE Y ESTOPINES

FIG. III.5

Técnica de disparo eléctrico:

Este tipo de voladura fué la que se utilizó para llevar a cabo la demolición del edificio tratado en el capítulo V. por eso es necesario dar una descripción detallada de este método moderno de demolición o implosión, la que aquí se presenta.

La voladura eléctrica con estopines de retardo y reguladores de tiempo electrónicos, ha hecho posible el disparo de un gran número de cargas en una secuencia prediseñada desde un lugar remoto y seguro, con control preciso sobre el tiempo de disparo.

El éxito de una voladura eléctrica depende de cuatro principios generales:

- 1. Selección y trazado apropiados de el (los) circuito (s) de voladura.*
- 2. Una fuente adecuada de energía compatible con el tipo de circuito de voladura seleccionado.*
- 3. El reconocimiento y la eliminación de todos los riesgos eléctricos.*
- 4. Balanceo de circuito (s), buenas conexiones eléctricas y prueba del circuito terminado.*

La selección del circuito dependerá del número de estopines eléctricos a ser disparados y el tipo de operación. En general, un circuito de serie simple es usado en voladuras pequeñas consistentes en menos de 50 estopines eléctricos.

Un circuito de serie en paralelo es usado cuando en gran número de estopines eléctricos está implicado.

En casi cada aplicación, las máquinas para voladura por descarga del condensador ofrecen la fuente de energía eléctrica más segura, confiable y económica para voladuras.

Las conexiones eléctricas deberán ser muy ajustadas, limpias y estar aisladas del suelo. Se debe tener cuidado para evitar que los alambres del detonador se luyan o se pelen, ya sea en el barreno o en la superficie.

Las líneas de guía deberán ser inspeccionadas y probadas con anterioridad a cada voladura.

La resistencia de todos los circuitos deberá calcularse y deberá usarse un multímetro o un ohmetro para voladuras y verificar los cálculos. Ningún intento debe hacerse para disparar la voladura hasta que los cálculos teóricos y las lecturas de prueba sean las mismas.

En resumen, es absolutamente necesario un cuidado extremo al alambrear y probar el circuito para evitar fallas de disparos.

El éxito de la iniciación simultánea de un gran número de estopines eléctricos requiere la entrada de suficiente corriente a todos los estopines en unos pocos milisegundos. El tiempo requerido para calentar el alambre puente en un estopín eléctrico a la temperatura que provoque la combustión de la carga de ignición, está en función de la intensidad de la corriente.

El alambre-puente en los estopines comerciales domésticos es de aproximadamente 0,05 mm. y requiere 1.5 amperes para una iniciación confiable. La importancia de transmitir suficiente corriente a todos los estopines del circuito en pocos milisegundos es considerable, ya que de no ser así en los niveles de

corriente baja, las ligeras diferencias de un estopín a otro pueden resultar en variaciones en cuanto a tiempos de iniciación. En una serie esto puede resultar en la detonación de un estopín con anterioridad a la iniciación de todos los demás, y da como resultado el que fallen uno o más.

Una recomendación muy importante es la de no utilizar estopines eléctricos de diferentes fabricantes en una voladura.

La eliminación de riesgos eléctricos debe ser la primera consideración antes de empezar a cargar cualquier voladura.

La energía eléctrica no deseada que puede entrar en un circuito de voladura debe mantenerse a niveles seguros o excluirse por completo. Si no se hace, dicha energía, puede causar detonaciones prematuras ya sea que se trate de un sistema de voladura eléctrico o uno no eléctrico. Por esta razón, deberán realizarse evaluaciones completas de la electricidad extraña en los sitios de voladura antes de que cualquier explosivo se lleve dentro del área.

Los peligros de la electricidad incluyen: corrientes erráticas desviadas, debido a equipo eléctrico deficientemente aislado, rayos y electricidad estática de tormentas eléctricas, alta energía de radiofrecuencia cerca de transmisores, corrientes inducidas, electricidad estática generada por tormentas de polvo impulsadas por el viento y corrientes galvánicas generadas por metales diferentes haciendo contacto o separados por un material conductivo.

El nivel seguro aceptable de electricidad extraña para voladuras eléctricas se deriva de la corriente requerida para detonar estopines eléctricos. La corriente mínima para encender estopines comerciales actualmente fabricados en el país es de 0.25 (250 miliamperes) aproximadamente. El Instituto de Fabricantes de Explosivos (I.F.E.), establece que no deben efectuarse voladuras eléctricas en áreas donde las corrientes extrañas sean mayores de 0.05 amperes (50 miliamperes). Cuando las corrientes extrañas medidas en el multímetro exceden de este valor, debe descubrirse la fuente de la corriente y eliminarse antes de

usar con seguridad los estopines.

Los alambres guía no deberán ser tendidos hasta que el circuito de voladura esté completamente alambrado y todo el personal no necesario sea llevado a un lugar seguro. Después de que la línea guía se tiende, deberá ser revisada eléctricamente con un multímetro u ohmetro para voladuras y verificar la continuidad del circuito. La resistencia calculada del circuito debe siempre concordar con las lecturas en el instrumento.

Nunca debe permitirse que los extremos desnudos del circuito o de la línea guía entren en contacto con el suelo o cualquier objeto metálico.

Las líneas de guía o líneas de encendido son una parte esencial del circuito de voladura y deberán ser inspeccionadas, probadas y conservadas en buen estado para asegurar una voladura exitosa. Se recomienda alambre de cobre de núcleo sólido, bien aislado de calibre 10 a 14.

El alambre de conexión es generalmente un alambre de cobre de calibre 16 a calibre 20 con aislante plástico usado para conectar entre barrenos; nunca se debe volver a usar el mismo alambre de conexión; un multímetro, un ohmetro o un galvanómetro para voladuras puede usarse para probar la continuidad y resistencia de los circuitos de voladura.

Al llevar a cabo la preparación de una voladura es recomendable verificar las siguientes recomendaciones:

- Tener cuidado cuando se carguen los barrenos para reducir el riesgo de que el aislante se raspe.*
- Asegurarse de que ninguna conexión toque el suelo.*
- Evitar el uso de empalmes en el barreno.*
- Usar una máquina explosora para voladura con capacidad para disparar un gran número de estopines.*
- Mantener lo más bajo posible el número máximo de estopines que la*

máquina explosora es capaz de disparar en condiciones de campo normales.

- *Usar líneas de encendido de calibre más grueso para proporcionar más energía al circuito de voladura.*

Diseño y análisis del circuito de voladura:

Las máquinas explosoras por descarga del condensador, cuando se usan apropiadamente, son el medio más seguro de disparar estopines eléctricos. Con cualquier fuente de energía es esencial que se proporcione energía suficiente para iniciar todos los estopines en unos pocos milisegundos.

Cuando se dispara mediante líneas de fuerza eléctrica, los cálculos requeridos para proporcionar corriente suficiente a cada estopín en el circuito se hacen mediante la aplicación de la ley de ohm y kirchhoff.

Ley de OHM.- El flujo de corriente en un circuito eléctrico es igual al voltaje aplicado dividido entre la resistencia.

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

- I = Corriente en amperes*
- V = Voltaje aplicado en volts.*
- R = Resistencia en OHMS*

Esto también puede ser expresado como sigue:

$$V = I \times R \quad \text{o} \quad R = \frac{V}{I}$$

Ley de Kirchoff.- La suma algebraica de todos los voltajes aplicados y las diferencias de potencial en cualquier circuito cerrado es igual a cero.

$$V_0 - I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_3 R_3 - \dots - I_n R_n = 0$$

La suma algebraica de todas las corrientes que fluyen a cualquier punto en circuito es igual a cero.

$$I_0 - I_1 - I_2 - I_3 - \dots - I_n = 0$$

- Resistencia de un circuito en serie (OMHS)

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

- Resistencia de un circuito en paralelo (OMHS)

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

o

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

- *Potencia eléctrica (Watts)*

$$P = I \times V$$

o

$$P = I^2 \times R$$

- *Energía eléctrica (Watts seg ó Joules)*

$$E = P \times t$$

$$E = I \times V \times t$$

$$E = I^2 \times R \times t$$

Donde:

t = Tiempo de aplicación en seg.

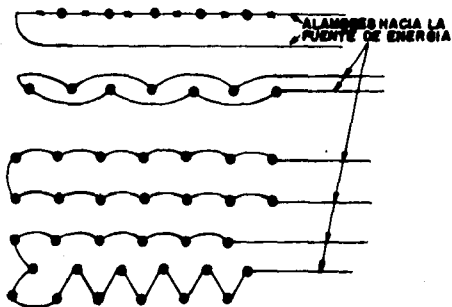
Circuitos en serie.

Un circuito en serie proporciona un sólo sendero para que pase la corriente a través de todos los estopines, en la (Fig. III.6) se muestra un ejemplo de circuitos en serie típicos.

La resistencia total de un circuito en serie es igual a la resistencia de cada estopín más la resistencia de la línea de encendido y del alambre de conexión.

La aguja en el instrumento de voladura (OHMETRO), deberá de ajustarse a "cero" cuando se ponga un corto circuito entre las terminales. Las terminales se conectan entonces a la línea del encendido. El instrumento debe dar una lectura aproximada a la calculada.

Una lectura demasiado baja indica que algunos estopines no están conectados al circuito; una lectura demasiado alta indica demasiados estopines en la serie o bien conexiones sueltas o deficientes.



CIRCUITOS EN SERIE TÍPICOS

FIG. III.6

Es necesario proporcionar una corriente mínima de 1.5 amperes a cada serie para asegurar que todos los estopines reciban suficiente energía antes de romperse el circuito con la detonación del primer estopín.

Series en paralelo.

El circuito de series en paralelo es el tipo de conexión más comunmente usado en voladuras. El circuito más sencillo de series en paralelo se hace al dividir una serie sencilla en dos series como se muestra en la (Fig. III.7), donde se señala, cada una de las dos hileras de estopines eléctricos, está conectada en una serie recta. Los dos extremos libres de cada serie se conectan entre sí y a su vez son conectados a la línea de encendido.

Cuando la serie en paralelo involucra únicamente estopines de retardo, se requiere una corriente mínima de 1.5 amperes para cada serie en el circuito.

Cuando se conecta una voladura de series en paralelo, los extremos de cada serie individual, deberán conectarse a la línea de encendido mediante la prolongación de los extremos de cada serie, utilizando alambre de conexión. Esto aumentará un poco la resistencia a cada serie, la cual es normalmente poca cuando se le compara con la resistencia de la serie.

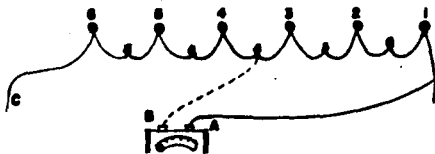
Es muy conveniente balancear eléctricamente las series lo mejor posible. Sin embargo, pequeñas diferencias de uno o dos estopines por serie no afectarán los resultados de la voladura. La diferencia en resistencia, expresada en OHMS, entre las series nunca deberá exceder al 10%.

Para voladuras normales es costumbre limitar el número de estopines con alambre de cobre a 50 piezas por serie (120 OHMS por serie). Esto se logra fácilmente disparando hasta 800 estopines con una resistencia total de línea de 3 OHMS o menos, utilizando la explosora CD-600 que fue la que se usó en la demolición del edificio aquí descrito. Para un número mayor de estopines se requiere una mayor cantidad de estos por serie para lograr la máxima transferencia de energía entre la máquina explosora y el circuito de la voladura.

En un circuito de serie en paralelo, cada serie deberá ser balanceada eléctricamente dando a cada lectura el mismo número de OHMS. Generalmente, un número igual de estopines en cada serie producirá series balanceadas. En un circuito de series en paralelo balanceadas, la resistencia de una serie dividida entre el número de series, será igual a la resistencia total del circuito. Es evidente que las lecturas del instrumento disminuyen al agregarse cada serie.

Para localizar una interrupción en el circuito se puede usar ya sea un multímetro, un ohmetro o un galvanómetro de voladuras. Al estar probando, para localizar una interrupción en el circuito usando el procedimiento mostrado en la (Fig. III.9), se conecta un alambre de conexión al extremo del circuito desde la

terminal "A". Se escoge un punto a la mitad del circuito y se hace tocar al alambre de conexión de la terminal "B" a la conexión desnuda de los alambres del estopín. Si indica alguna lectura en el instrumento, el circuito es bueno entre la terminal "A" y el punto medio del circuito. Se continúa moviendo el alambre de conexión de la terminal "B" hacia conexiones más lejanas a lo largo del circuito hasta que no se indique ninguna lectura en el instrumento. Esta forma de localizar alguna interrupción en el circuito es la más comúnmente usada.



METODO PARA LOCALIZAR UNA INTERRUPCION EN EL CIRCUITO CON UN GALVANOMETRO

FIG. III.9

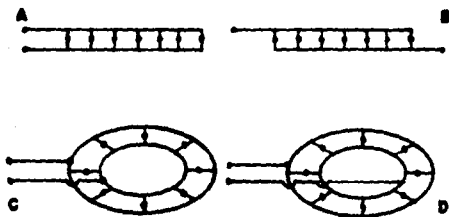
Circuitos paralelos.

Un circuito paralelo no puede probarse con los instrumentos disponibles usualmente en la operación de campo, ya que la resistencia total de este es tan pequeña, que dará una lectura cercana a cero en el instrumento y no indicará una lectura significativa. Este tipo de circuito no es utilizado para el diseño de voladuras de edificios, debido a su complejidad y poca utilidad práctica en el campo.

Las cuatro formas básicas de circuitos en paralelo se clasifican en:

- A) Paralelo directo.
- B) Paralelo Inverso.
- C) Paralelo directo en circuito cerrado.
- D) Paralelo inverso en circuito cerrado.

Estas cuatro formas se muestran en la (Fig. III.10), la selección del circuito paralelo afectará el voltaje, tamaño de alambre y número de estopines que se puedan disparar.



CUATRO FORMAS DE CIRCUITOS EN PARALELO

FIG. III.10

III.1.6. Equipos y accesorios para voladuras.

El equipo y accesorios que se utilicen en cualquier voladura, debe de estar en perfectas condiciones y ser de la mejor calidad posible, ya que es una parte muy importante en la operación.

Máquinas explosoras.

Existen dos tipos básicos de máquinas explosoras: De generador y de descarga por capacitor (CD). A continuación se describen las características principales de cada una ellas.

- Máquinas explosoras de tipo generador. (tipo cremallera)

Estas máquinas poseen un pequeño generador eléctrico accionado a mano. Cuando este generador se activa, produce un pulso de corriente directa que dispara los estopines eléctricos. El generador acciona el circuito de voladura cuando el operario gira o impulsa hacia abajo la manija lo mas rápido y fuerte que le sea posible y llega a fin de su movimiento. En este punto, la producción del generador es máxima. Las máquinas generalmente, están clasificadas por el número de estopines eléctricos instantáneos que pueden disparar exitosamente en una serie recta. En general este tipos de máquinas son para el uso de voladuras compuestas por un número reducidos de estopines eléctricos.

Máquinas explosoras por descarga de capacitor (CD):

Estas máquinas tienen un capacitor o banco de capacitores que almacenan una gran cantidad de energía eléctrica suministrada por baterías de celda. El

operador puede descargar la energía almacenada en los capacitores hacia el circuito de voladura en una fracción de segundo, a través de los dos postes terminales empujando el switch de disparo. Puede disparar muchos estopines eléctricos en relación a su peso y tamaño y son los medios de disparo mas confiable que se tiene.

La máquina explosora utilizada en la demolición del edificio descrito en el capítulo V, fué de tipo (CD - 600), la unidad es de fabricación Norteamericana; su construcción es de estado sólido con una caja de acero inoxidable y una placa aislada con plástico. La CD-600 tiene un voltaje de 600 volts y con una capacidad de disparo de 1000 estopines eléctricos (de 2 ohms cada uno) en 11 series de 91 estopines cada una conectadas en paralelo. Su fuente de poder son 3 baterías alcalinas de 7.5 volts. (everady # 560 o equivalente).

Accesorios de voladuras:

Algunos de los más importantes accesorios para voladuras son los instrumentos para medir las características eléctricas de los circuitos de voladura, así como el área circundante para asegurar que la operación sea eficiente y segura.

A continuación se describen los instrumentos de prueba que todo operador de una voladura debe usar para auxiliarse y obtener mejores resultados y mayor seguridad.

Multímetro:

Es un medidor compacto de volts, ohms y milivolts, diseñado específicamente para medir resistencia, voltaje y corriente en operaciones eléctricas de voladuras. Requiere de una sola pila para linterna, standar, alcalina

facilmente obtenible y económica.

Su rango de voltaje es de 150 milivolts, 6, 60 y 30 volts para corriente alterna y 600 volts para corriente directa; además posee un medidor de movimiento de banda tensa para resistir daño por golpe o vibración, un circuito de diodos para proteger al instrumento de sobrecargas eléctricas momentáneas o accidentales y un botón rojo especial, para pruebas de corriente erráticas.

Este aparato está resistentemente construido y se caracteriza por un cuadrante de 10 cms. Con escalas a colores clave (verde, rojo y negro), para fácil identificación y lectura. El estuche ha sido diseñado con una correa, que permite al operador colgárselo al cuello para colocarlo en posición de operación, dejando libre ambas manos.

En las demoliciones de edificios con explosivos se utilizó para medir las resistencias de un solo circuito, la continuidad y la resistencia total de los circuitos de series en paralelo con un alto grado de precisión y exactitud.

Ohmetro:

Este instrumento está diseñado específicamente para usarse en operaciones de voladuras eléctricas. Es de construcción resistente y destaca su clara numeración en color negro en ambas escalas, para facilidades de lectura. Está calibrado, sellado y seriado en fábrica. Lleva un estuche con correa que permite un mejor manejo para el operador. Presenta una doble escala ohmica, una baja (100 ohms, máximo) y otra alta (1000 ohms, máximo).

Con este instrumento se pueden probar los estopines eléctricos individuales en continuidad y resistencia del circuito; probar la resistencia de circuitos en serie de estopines; probar la resistencia y continuidad de la línea de conducción y alambre de conexión y mide la resistencia y continuidad total de un circuito de estopines eléctricos.

Galvanómetro:

Este instrumento puede medir la resistencia en ohms de un circuito de voladuras para determinar si los alambres del puente de un estopín eléctrico individual están intactos, conocer la continuidad de un circuito o serie de estopines eléctricos y la localización de alambres y conexiones quebradas en un circuito.

Una recomendación muy importante que hay que hacer, en el uso de estos 3 instrumentos, es la de nunca cambiar de baterías cerca de estopines ni permitir que ninguna batería entre en contacto directo con estos, ya que puede ser muy peligroso.

III.2. PREPARACIONES PREVIAS DEL EDIFICIO POR DEMOLER.

Para poder determinar claramente como actuará el explosivo en el punto de su aplicación, se deben de delimitar con exactitud las especificaciones de barrenación, cortes y demoliciones menores y el cableado, si este último se considera necesario.

III.2.1. Barrenación.

Son los puntos estratégicos en donde se colocan las cargas del explosivo, el cual produce la destrucción de las columnas del edificio y la eminente caída de este.

La distribución de los barrenos en toda la altura de la columna dependerá del entepiso en cuestión, ya que para sótano y planta baja el número será mayor, del orden de cuatro o cinco; mientras que en los niveles superiores, dos o tres. Lo anterior se hace para aumentar la fragmentación, ya que al pulverizar

las columnas de sótano y planta baja aumenta la velocidad de caída de los escombros de los niveles superiores.

En la (Fig.III.11) se muestra la distribución de barrenos en las columnas.

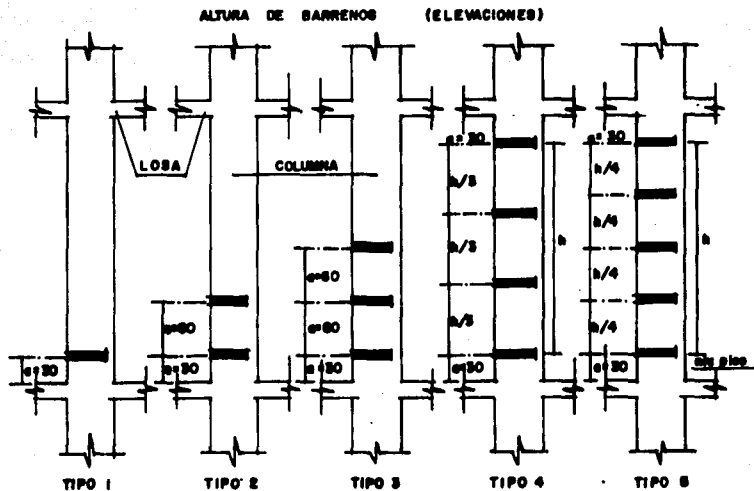
Cuando se tengan cinco barrenaciones estas se distribuirán de manera uniforme a toda la altura de la columna, separandolos 30 cms. del lecho bajo de la losa del techo y del piso. En el caso de tener un número menor de perforaciones éstas se harán a manera de dejar una separación de 30 cms. del nivel de piso a el centro de la primera barrenación y separando centro a centro, uno del otro, a cada 60 cms. (Fig.III.11).

Siempre es conveniente que los barrenos se realicen en forma horizontal y lo mas centrados posibles, en columnas con dimensión pequeña en donde el acero de refuerzo impida la barrenación será conveniente remover el acero cortándolo con soplete. Se podrá barrenar la columna por un lado del acero y hacia el centro, tratando de lograr la profundidad especificada. Si el acero longitudinal se encuentra difícil de remover se podrá barrenar alternadamente a los lados del acero hasta lograr la profundidad deseada.

La profundidad de los barrenos dependerá de la sección de la columna que se tenga, pudiéndose encontrar diferentes tipos en un mismo edificio por demoler, para columnas cuadradas se barrenará a un 75 % de la profundidad de la sección de éstas; para columnas rectangulares el porcentaje de profundidad será el mismo pero la barrenación será en dirección paralela a la dimensión más grande, por último en columnas circulares, la profundidad será del 85 % de su diámetro (Fig.III.12). El diámetro de los barrenos será de 3.18 ó 3.50 cms. (1 1/4" o 1 3/8").

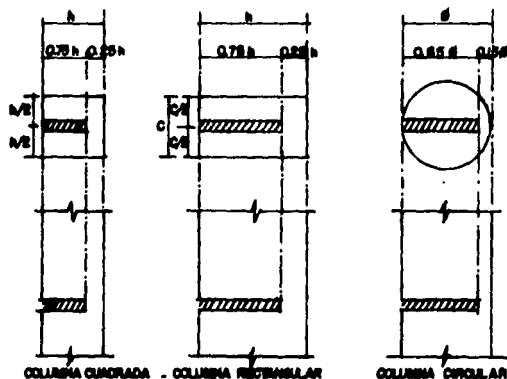
Estas profundidades permiten la demolición total de las columnas y además son adecuadas para realizar el cargado y colocar la cantidad de explosivos suficiente y necesario para cumplir con el objetivo.

Es importante comentar que en la estructuración de algunos edificios aparecen columnas con dimensiones muy robustas sobre todo en planta baja, por lo que al demoler estas es necesario determinar el número y localización de barrenos de manera particular.



DISTRIBUCION DE BARRENOS

FIG. III.11



BARRENOS EN COLUMNAS

Columna cuadrada 75% del ancho

Columna rectangular 75% paralelo a la dimensión más grande

Colocación circular el 85% del diámetro

ESPECIFICACIONES:

a) Todos los barrenos serán de $1\ 1/4"$ o $1\ 3/8"$ de diámetro.

b) Todas las barrenaciones serán hacia el centro de la columna, si se encuentra refuerzo se barrenará a un lado de la varilla compensando la profundidad y dirigiéndola hacia el centro.

PROFUNDIDAD DE BARRENACION

FIG. III.12

Para estos casos es muy común realizar un número elevado de barrenaciones pero colocados de manera estratégica y con tiempos de detonación diferentes, para lograr una semifragmentación y después la total destrucción.

En las estructuras con sótano nunca es recomendable barrenar las columnas perimetrales, ya que éste funciona como cajón para recibir el escombros de todos los niveles superiores. No siempre todas las columnas de un nivel preparado son barrenadas, esto está en función de la dirección de caída.

A continuación se mencionan los principios de barrenación que son guías que deben ser observadas en conjunto para poder lograr el objetivo primordial de una buena barrenación para la demolición de un edificio con explosivos:

- El área circundante de las columnas por barrenar, debe ser inspeccionada de manera que no existan materiales que obstaculicen el buen trabajo del personal encargado de llevar a cabo dicha preparación (no debe haber muros divisorios, plafones, etc.).*
- Al empezar un nuevo barreno nunca se perfora sobre un barreno quedado, de tal forma que se debe siempre de tratar de barrenar en donde ya se haya iniciado, aún después de encontrar el armado longitudinal y transversal de la columna, el cual debe ser cortado con soplete.*
- Perforar todos los barrenos a la profundidad requerida, todos los barrenos deberán tener el mismo fondo sobre en plano vertical lo mejor que se pueda.*
- Todos los barrenos deben ser paralelos, evitar desviar los barrenos hacia cualquier extremo.*

- Después de terminar la perforación limpiar todos los barrenos con aire antes de cargar y verificar la profundidad especificada en las preparaciones.
- Comenzar la barrenación y preparaciones generales de los niveles superiores del edificio y continuar hacia los niveles inferiores.

Una buena barrenación no es solamente esencial para obtener resultados satisfactorios en una demolición, sino también es necesaria para conducir en forma segura una operación con explosivos. La mejor manera de eliminar accidentes en barrenación es asegurándose de que todos los explosivos cargados en éstos detonen exitosamente; sin embargo, si ocurren fallas, el explosivo sin detonar debe localizarse y manejarse adecuadamente antes de hacer regresar al personal y/o al equipo para remover escombros al área de disparo. El operador de los cargadores y bulldozers debe estar constantemente en alerta de explosivos no detonados en la rezaga y especialmente cuando resultados diferentes a los usuales en el disparo indique la posibilidad de explosivos sin detonar, regularmente en la demolición de edificios este problema se presenta muy raras veces.

III.2.2. Cableado.

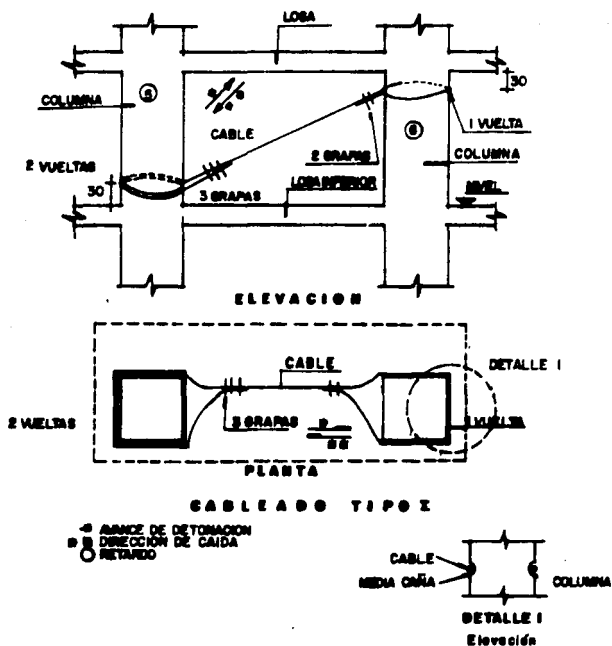
Por lo general, en los edificios demolidos con explosivos, se utiliza una preparación adicional que es el cableado. La función de éste es el de evitar la posible caída de las fachadas perimetrales hacia colindancias cercanas, con lo que se provoca un jalón en éstas, en dirección del lugar donde caerá el escombros, la cual ya debe estar determinada con anterioridad.

Regularmente la colocación del cableado se realiza en los niveles donde no hay barrenación y el número de éstos es muy variado dependiendo del estado estructural del edificio, la dirección de caída y la cercanía de las colindancias. Puede abarcar una o varias crujeas por lo que se pueden tener columnas a las cuales lleguen dos sensores, uno en la parte inferior y otro en la superior.

Existen algunas excepciones en donde la barrenación en un determinado nivel va acompañado del cableado, esto se hace principalmente cuando las dimensiones de las columnas son muy grandes o robustas y por lo tanto es necesario aunar una fuerza adicional, que es proporcionada por los cables, para asegurar su caída.

De acuerdo a la resistencia del concreto y al acero de refuerzo de las columnas, existen tres tipos de cableado, los cuales pueden utilizarse indiferentemente, ya que todos cumplen con su objetivo cuando han sido colocados de una manera satisfactoria. A continuación se hará la descripción de cada uno de estos.

Para la colocación del cableado tipo I es necesario realizar "medias cañas" o ranuras en la columna, para sujetar firmemente a el tensor y evitar su desplazamiento a la hora de la demolición, por lo que su profundidad debe ser la necesaria para evitar este problema. En la (Fig.III.13), se presenta un esquema claro de esta preparación. El cable tipo utilizado es el de acero de 1.9 cm. (3/4") de diámetro, el cual es muy comercial. Regularmente se utiliza cuando el armado longitudinal de las columnas es excesivo y además la resistencia del concreto elevada.



Ubicación: en los niveles y entrejes que se indiquen, se fijarán en la parte superior o inferior entre dos columnas como se indican en las vistas.

Elementos: Cable de acero tensado con una fijación inferior de dos vueltas y tres grapas y una superior de una vuelta y dos grapas, ambas fijaciones llevarán media caña en la columna, para atorar las vueltas del cable.

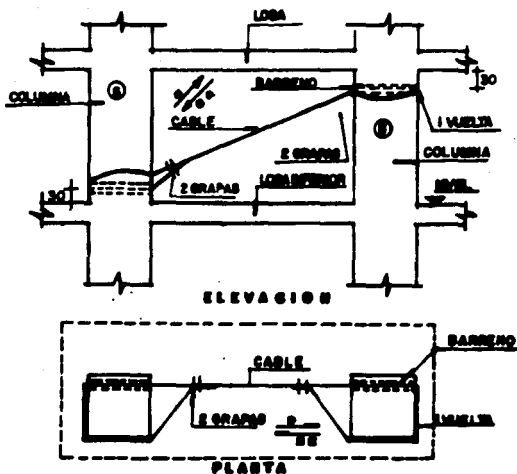
Especificaciones: cable $\phi = 3/4"$

CABLEADOS

FIG. III.13

El cableado tipo II se utiliza cuando la resistencia del concreto de las columnas no es muy elevada y por lo tanto es fácil realizar una barrenación, cargada hacia un lado, para pasar por éste, el cable que dará una vuelta completa a la columna. En este amarre se ahorrará un poco de cable en comparación con el tipo I, ya que solamente consiste en una vuelta y no en dos.

En la (Fig.III.14), se presenta el esquema de este tipo de preparación. El cable utilizado es de acero de 1.9 cm. (3/4") de diámetro y se coloca de manera que la tensión no sea excesiva, tratando de no provocar esfuerzos adicionales a las columnas.



CABLEADO TIPO X

- ▣ ARIZNE DE DETONACION
- ▣ DIRECCION DE CAIDA
- RETARDO

Ubicación: En los niveles y entrejes que se indiquen se fijarán en la parte superior o inferior entre dos columnas como se indiquen en las vistas.

Elementos: Cable de acero tensado con una fijación tipo de una vuelta atravesando la columna a través de un barreno y dos grapas como sujeción.

Especificación: cable $\phi = 3/4"$

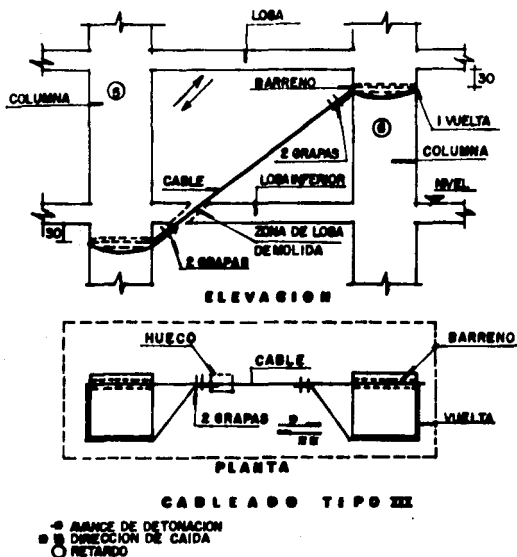
CABLEADOS

FIG. III. 14

El cable tipo III es de manera similar al tipo II, solamente que la longitud de éste aumenta, ya que se liga con el extremo superior de la columna de la cruzja que conforman pero del nivel inmediato inferior. En la (FIG.III.15), se observa este tipo de amarre especial, el cual es utilizado muy raras veces y solamente cuando la altura del entrepiso del edificio por demoler no es muy alta, el claro de las cruzjas es excesivo, además las columnas son muy robustas y la losa flexible. Es necesario perforar una pequeña parte de la losa para permitir el paso del cable, por lo que la preparación consume mayor tiempo que el tipo I y II.

Para que los cables trabajen de manera adecuada en la demolición del edificio es necesario determinar primeramente la secuencia de calda, ya que de ésta depende que realicen la función para lo que fueron colocados por ejemplo en la (Fig.III.13) es necesario que la columna de la izquierda sea demolida primeramente, por diferencia de décimas de segundo, antes que la de la derecha en el entrepiso inmediato inferior para que el cable tienda a jalar hacia ella el eje de columnas de la derecha y con ello se cumpla la calda en el sentido inicialmente planeado.

No es recomendable abusar del uso del cableado ya que si este es excesivo puede haber problemas de "pateo" a la hora de la calda que ocasionaría daños en las construcciones vecinas, principalmente si éstas están muy cerca del edificio por demoler. Los tipos de cableado anteriormente descritos son aplicables para cualquier sección de columnas ya sean cuadradas, circulares o rectangulares.



Ubicación: En los niveles y entrejes que se indiquen se fijarán en la parte superior o inferior entre dos columnas como se indican en las vistas.

Elementos: Cable de acero tensado, con una fijación tipo de una vuelta atravesando la columna através de un barreno y dos grapas como sujeción.

Especificación: cable $\phi 4 = 3/4"$

CABLEADOS

FIG. III.15

III.2.3. Cortes y demoliciones menores.

En algunas ocasiones el edificio por demoler presenta en su estructuración muros de rigidización o de concreto de un espesor considerable en todos sus niveles o en la gran mayoría, por lo cual es fundamental que éstos sean demolidos totalmente en los pisos donde se vaya a barrenar y cargar, en los niveles restantes es recomendable debilitar estos mediante cortes en forma de cuña según el plan direccional de caída para que de esta manera no provoquen una desviación en la masa del edificio que cae, que pueda ocasionar problemas en las construcciones cercanas.

El tratamiento adecuado de estos muros estructurales es muy importante y laborioso, por lo cual es necesario delimitar un plan de ataque con la debida programación de obra (equipo, mano de obra y maquinaria) para no retrasar el avance de las preparaciones ya que de lo contrario no se podrá realizar la demolición en la fecha planeada debido a problemas para determinar la caída del edificio que podría ser impredecible.

Otra consideración importante que hay que señalar es cuando el edificio por demoler tiene separaciones muy reducidas con sus colindancias, y por lo tanto es necesario realizar demoliciones parciales del edificio en dichos puntos. Estas se llevan a cabo con el método tradicional y por lo regular consisten en desmantelar la mitad de una crujía sin realizar el corte del armado o acero de refuerzo de losas y trabes, de tal manera que esa parte de la estructura sea más ligera y que en caso de existir algún "pateo" del edificio al caer, el armado del corte realizado se doble y dicho eje de columnas sea jalado por cables también previamente colocados hacia el centro del edificio y evitar la caída hacia las construcciones cercanas que no se quieren o deben dañar.

Cuando el edificio tenga sótano se demolerán todos los muros interiores existentes (concreto y ladrillo) incluyendo los del cubo de elevadores y escaleras,

pero sin afectar los perimetrales; en todos los niveles superiores por cargar, se demolerán muros interiores y exteriores existentes sin excepción.

Si es posible se tratarán de utilizar los muros exteriores perimetrales como protección, por lo cual se deberá demoler el muro exterior en la parte por donde cubra a la columna para permitir el colocado de la protección, ésto último se podrá aplicar siempre y cuando no exista peligro para el tránsito vehicular y/o peatonal que ponga en peligro su seguridad con la posible caída de materiales.

Si existen rampas en el edificio por demoler, será necesario ranurar éstas, con tal de que no vayan a rigidizar de alguna forma a la estructura a la hora de la caída; las guías metálicas de los elevadores también serán cortadas con soplete en los niveles preparados en una longitud de 120 cm., nunca deben tocarse los cables de este sistema para evitar accidentes. También se ranurarán las rampas de escaleras de concreto reforzado en los niveles cargados sin cortar el acero de refuerzo.

Si se considera necesario la adición de cables en algunos niveles, se demolerán los muros interiores para tener el área suficiente para maniobrar en su colocación, pero no más de lo necesario.

Los muros tanto de tabique como de concreto pueden removerse más económicamente mediante el uso de explosivos, siempre y cuando, la losa en la que se apoyen tengan cuando menos 30 cm de espesor. Con un espesor menor a éste, el quebrado por medios mecánicos es generalmente más práctico.

Los muros de tabique son por lo general más fáciles de volar que los de concreto. El método preferido es perforando una hilera del barreno cerca del fondo del muro, aproximadamente a una profundidad de 3/4 partes de su espesor, como regla general, el espaciamiento entre los barrenos varía entre 0.90 y 1.20 metros, y la carga de 1/2 a 1 cartucho de explosivo, dependiendo de la condición del muro y la posibilidad de daño a estructuras vecinas. El mejor procedimiento es estructurar unos pequeños disparos de prueba, usando un factor

de carga de 0.150 kg/m³ que puede servir como guía.

El explosivo puede ser casi de cualquier grado de potencia media que se encuentre disponible en cartuchos de 3.18 cm (1 1/4") de diámetro. Cuando se tengan muros de más de 1.5 m de altura probablemente se necesiten hileras horizontales adicionales de barrenos para romper la mampostería a un tamaño adecuado para su manejo.

Con los muros de concreto, se sigue el mismo que para los de tabique, excepto que por lo general se requiere más explosivo y se deben emplear espaciamientos menores. El concreto reforzado, es aún más difícil de demoler y se puede esperar una cantidad considerablemente mayor de proyectiles. Además de las cargas comparativamente grandes, a menudo se utiliza un soplete para cortar las varillas de refuerzo al barrenar.

Los barrenos deben cebarse con estopines eléctricos. Si no existe posibilidad de daño a la propiedad vecina o al personal que participa en el operativo, todos los barrenos pueden dispararse al mismo tiempo. De otro modo, tienen que dispararse grupos más pequeños de barrenos o uno solo a la vez. Deben colocarse frente a la voladura o sobre ella, mallas para minimizar el lanzamiento de fragmentos de mampostería o concreto.

Regularmente la demolición de muros interiores y exteriores en el edificio demolido que se trata en este escrito se realizó con medios mecánicos y manuales por ser más económicos y prácticos, sin que esto quiera decir que no se pueda utilizar el método de demolición con el sistema de explosivos.

El equipo o maquinaria utilizado para las preparaciones en los edificios por demoler, juega un papel importante en los resultados finales. Para cumplir las especificaciones requeridas, es necesario conocer las diversas técnicas de construcción y poder determinar cual equipo proporciona mayores ventajas.

El mejor resultado se logra mediante la mano de obra en su forma más elemental, en combinación con equipos y maquinaria ligera, ya que se obtiene un

mayor rendimiento que proporciona un menor tiempo de ejecución y también de costo .

El equipo recomendable por utilizar en la demolición tratado en este escrito es:

- *Compresor grande para conectar varias perforadoras o martillos neumáticos. Son máquinas de gran empleo en obras diversas de construcción que comprimen y almacenan aire para alimentar herramientas neumáticas; tales como perforadoras, rompedoras, etc. los compresores son siempre portátiles, van soportados en un chasis con 2 ó 4 llantas, para ser remolcados. Consta de un motor de combustión interna (diesel) que hace funcionar el sistema de compresión del aire, el cual envía a través de unas mangueras de hule hasta las herramientas. Sus partes esenciales son: El motor, el compresor y el tanque o receptor de aire, que sirve para regularizar la descarga.*

Además de estas partes esenciales pueden considerarse como elementos necesarios: El regulador o gobernador, que incrementa, disminuye o para la fase de compresión; la válvula de seguridad, que evita presiones peligrosas en el tanque; y los manómetros para el control de las presiones en las herramientas de trabajo. Así mismo, en el tanque se ubica la válvula de salida a la que se conecta la tubería de conducción que alimenta las herramientas.

Para tener un buen rendimiento de los compresores se hacen las siguientes consideraciones: Nivelar el compresor lo mejor posible, seleccionar adecuadamente el diámetro de la tubería de distribución, colocar el compresor lo más cerca posible de las herramientas a fin de acortar la longitud de las tuberías, el tendido de la tubería debe ser lo más recto posible, no sobrecargarlos nunca con demasiadas herramientas y extraer del compresor el

agua condensada y conservar todas las válvulas perfectamente ajustadas.

Los compresores utilizan aire comprimido a 7 kg/cm² y se clasifican por el volumen de aire que a la presión señalada producen en un minuto (ft³/min o m³/min). Su capacidad deberá estar acorde con el número de herramientas que ha de alimentar.

- *Perforadoras.* Se utilizan para hacer los barrenos destinados a las cargas explosivas. Se clasifican por peso, en: Pesadas, medianas y ligeras.

En el edificio demolido en este escrito se uso el de tipo mediana. Dada la función que desempeñan en cuanto a su peso; la cantidad de aire a presión requerida, sera mayor en las de mayor peso y menor en las ligeras.

Las herramientas de perforación estan formadas por un pistón, alojado dentro un cilindro alargado, que produce los efectos de percusión y rotación, a través de una flecha y son transmitidos al acero de barrenación o a la barreta, sujetos a la perforadora por medio de un mandril o chuck. Las pistolas perforadoras tienen una pequeña válvula, que permite la expulsión del aire a través del acero de barrenación, que se canaliza para conservar limpia la broca y quitar el polvo acumulado en el barreno.

- *Rompedoras.* Herramientas que se acciona por el sólo efecto de percusión. Consta de una barreta, en forma exagonal u octagonal de acero, rematando en punta con la cual perfora. Dentro de estas, existe un tipo de autoimpulsor que lleva acoplado a uno de sus lados. Se seleccionan especialmente para romper estructuras de concreto evitándose el uso de explosivos. Su máximo rendimiento se obtiene si se observan las siguientes recomendaciones: Utilizar siempre puntas de tamaño adecuado y conservarlas bien afiladas, emplear simultáneamente varias herramientas rompedoras con lo que se mejora la acción, actuar sobre trozos pequeños,

conservar todas las uniones bien ajustadas y comprobar frecuentemente la tubería del aire hasta el empalme del martillo a fin de asegurarse de que no exista ninguna fuga, y finalmente asegurarse de que los operarios sólo gulen las herramientas, pues no deben accionarla hacia abajo ni apoyarse en ellas.

- *Pierna neumática. Es un elemento auxiliar de las perforadoras de barrenos, cuando es necesario usar las pistolas en posición horizontal o inclinadas hacia arriba. Se trata de un tubo alargado, que se acopla, mediante una circulación a la pistola. Esta lo permite pasar el aire comprimido a través de una válvula, que hace accionar una barra central que entra y sale del tubo por el extremo opuesto a la articulación, para darle soporte y a la vez empuje a la pistola; lo que hace que el operador tenga más facilidad para barrenar.*
- *Acero de perforación. Son barras de acero al bajo carbón, huecas para permitir el paso al aire, de sección generalmente hexagonal con longitudes variables (de 61 a 122 cm.). Se componen de tres partes esenciales: zanco, barra y rosca. Para la rotura del concreto, el acero de perforación requiere de brocas de carburo de 1 1/4" ó 1 3/8" de diámetro. Estas son insertos de tungsteno que se fijan a la barra o se enroscan en ella. Los promedios de barrenación varían según: Las características del concreto, tipo de equipo y el manejo y aprovechamiento de este último.*

III.2.4. Protecciones.

La protección en las columnas barrenadas y cargadas es de fundamental importancia, ya que ésta se encarga de evitar la salida del material expulsado por la explosión, como es el concreto y acero de refuerzo entre otros materiales, que pueden ser peligrosos para la seguridad pública del lugar y además provocar

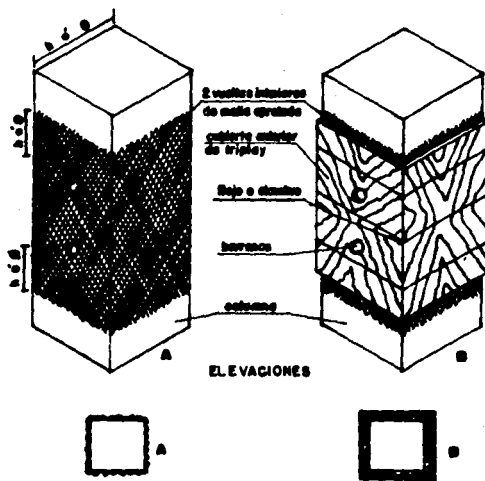
daños a las estructuras cercanas al ocasionar la rotura de cristales en ventanas y puertas.

Otro papel importante que juega la protección que se utiliza en una demolición es el disminuir el ruido provocado por el explosivo a la hora de la detonación, por su respectivo iniciador, con lo que además se disminuye la onda del golpe de aire que puede llegar a ser considerable si no se toman las preparativos necesarios, y ocasionar que cristales que se encuentren en el frente de onda se rompan.

Son principalmente dos los tipos de protecciones utilizadas en columnas barrenadas que solamente se diferencian por el material envolvente de éstas y que cumplen satisfactoriamente su papel con la misma eficiencia. A continuación se hará la descripción de cada una de éstas.

La protección del tipo I consiste en dos vueltas de malla ciclón alrededor de la columna, sin importar que tipo de sección tenga, que queden lo más apretadas posibles a ésta y con una holgura entre el último y primer barreno, hacia arriba y abajo respectivamente, de una longitud h ó O , donde h es la sección mayor de la columna en el caso de ser rectangular y O el diámetro de ésta si es circular; además se coloca una cubierta envolvente de madera o triplay de $3/4"$ de espesor de buena calidad sujeta con flejes, de manera que esta no se desplace. Después de colocar la protección en la columna es necesario limpiar el área de los barrenos para que la malla y el triplay no estorben a la hora de realizar el cargado con explosivos en las mencionadas perforaciones, como se muestra en la (Fig.III.16).

La protección tipo II en las columnas barrenadas consiste en una vuelta de malla ciclón alrededor de la columna colocada de la misma forma que en la protección tipo I, después otra vuelta de lámina acanalada o pintro, sujeta con un fleje para evitar su movimiento y finalmente una de malla ciclón, pero dejándola más floja que la primera para que sirva como retenedor de material



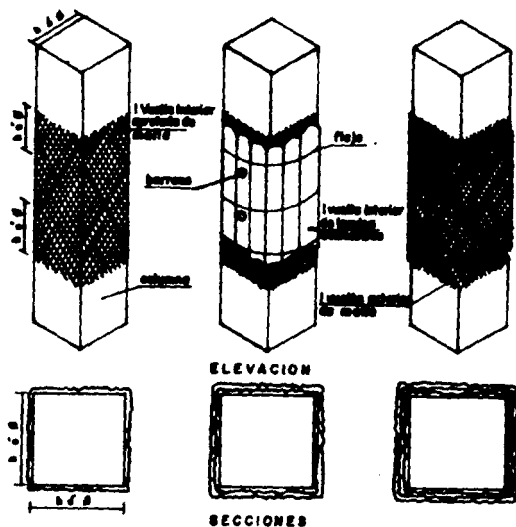
Ubicación: En planta todo el perímetro y en elevación a la altura de los barrenos según especificaciones.

Elementos: Dos vueltas interiores apretadas de malla ciclón y una cubierta exterior de triplay fijada con alambre y flejes.

PROTECCIONES

FIG. III.16

expulsado, como se muestra en la (Fig.III.17). De igual forma, después de colocar la protección a las columnas se debe de limpiar el área de cada uno de los barrenos con soplete para poder realizar el cargado sin contratiempos y que el material envolvente no estorbe.



Ubicación: En planta todo el perímetro y en elevación a la altura de los barrenos según especificaciones.

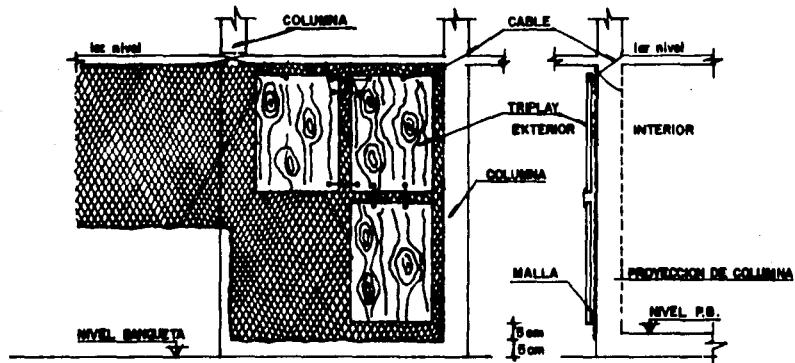
Elementos: Una vuelta interior apretada de malla ciclón una vuelta intermedia de lamina acanalada y fijada con flejes o alambre y una vuelta exterior holgada de malla ciclón.

PROTECCIONES

FIG.III.17

La última protección que debe de realizarse en todo el edificio por demoler con explosivos, se localiza en la planta baja, que es el entrepiso regularmente más cargado junto con el sótano, y en el que se deben de tomar las devidas precauciones. Esta protección consiste en una cortina colocada en todo el perímetro del edificio, si ésta es necesaria, compuesta por una malla ciclón y otra de triplay de 3/4" de espesor, sujetas en la parte superior con amarres adecuados a un cable de acero de 1/2" de diámetro; de la parte inferior (a nivel de banquetas) debe de estar libre, de tal forma que detenga la onda de golpe de aire, disminuya el ruido y detenga los materiales expulsados por la explosión, como se muestra en la (Fig.III.18).

PROTECCION TIPO EN PLATA BAJA "CORTINA"



Ubicación: En planta en todo el perímetro que este descubierto fachadas y colinadancias.

En elevación toda la altura entre el 1º. nivel del edificio y el de banquetta.

Elementos: Dos cortinas independientes colgadas unicamente de su parte superior, una interior de malla ciclón y una exterior de triplay.

Especificación: Triplay 3/4".

PROTECCIONES
FIG.III.18

III.2.5. Manejo de retardos para demoliciones con el sistema de disparo eléctrico.

Dentro de todos los tipos de explosivos y sus dispositivos de iniciación, se han seleccionado para el caso particular de demolición de edificios, los hidrogeles y los retardos por lo tanto queda obligado el uso de sistema de disparo eléctrico.

El término retardo eléctrico, es el dispositivo de iniciación que permite una gran diversificación de aplicaciones y resultado óptimo en una voladura. Se conoce también como fulminante, estopón, detonador o cápsula.

Su aplicación inmediata puede ser local y posteriormente en conjunto, pero su objetivo principal es de dar una secuencia deseada de detonaciones con iguales o diferentes intervalos de tiempo, logrando con ello el control y dirección de caída del edificio y su fragmentación.

El manejo inmediato local de retardos se utiliza para remover elementos estructurales o no, que estorban la libre fragmentación y desplazamiento del concreto del elemento estructural resistente por detonar. Por ejemplo una columna aislada debidamente barrenada y cargada no tendrá ningún impedimento al desplazamiento del concreto fragmentado provocado por la detonación, inclusive el acero de refuerzo permanecerá en su lugar, quedando aislado con un mínimo de concreto adherido o desplazado, pero el colapso será inminente por el contrario en el caso de un edificio con altura doble en el entrepiso de planta baja con mezzanine apoyado en columnas adyacentes a las existentes o inclusive ligadas a ellas, habrá que volar primero las columnas adyacentes con un retardo de periodo inferior a la columna principal, logrando que está quede como una columna aislada (Fig.III.19), si no se procede de esta forma, se corre el riesgo de que la columna no colapse o presente resistencia a la caída del edificio. Dicho procedimiento lo podemos denominar limpieza o alivio de frente y tiene

innumerables aplicaciones, entre las principales aparte del ejemplo citado es la de demoler elementos estructurales muy robustos, los cuales se pueden detonar primero en sus costados, resultando uno con dimensiones convencionales más fáciles de volar (Fig. III.20).

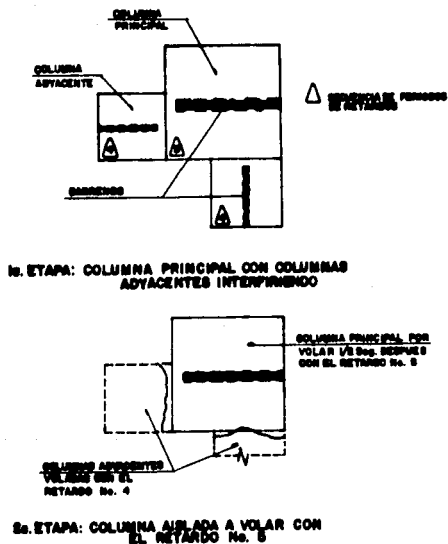


FIG. III.19

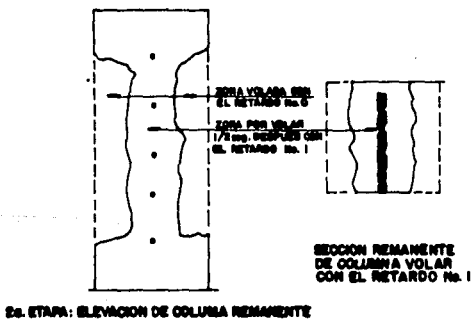
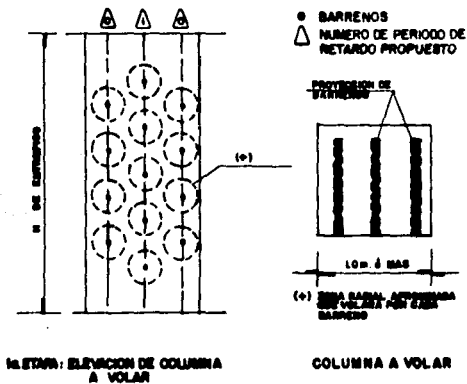
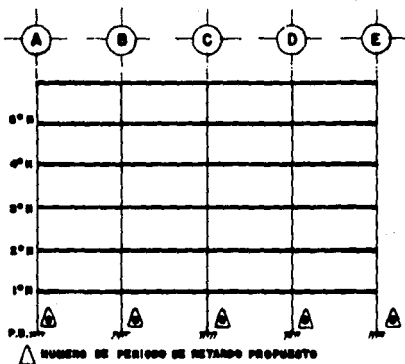


FIG. III.20

Para tirar un edificio con explosivos, bastaría con detonar las columnas de un nivel inferior, ya sea sótano, planta baja, o primer piso, si dicha detonación es simultánea en todas las columnas el resultado más probable será una caída sobre sí mismo con muy mala fragmentación, sobre todo de los sistemas de piso, ya que estos quedarán enteros uno encima de otro (Fig.III.21). Para fragmentar los sistemas de piso, bastará con detonar igualmente las columnas de un nivel inferior pero con una secuencia consecutiva creciente en periodos, es decir, entre columna y columna habrá como mínimo un periodo de retardo (ver tablas 1 y 2), en sus detonaciones (Fig. III.22), el acortamiento súbito en la primera columna que detona Eje A, provoca un desplazamiento vertical ΔY en todos los niveles superiores induciendo fuertes elementos mecánicos en los sistemas de piso, traveses y losas, haciéndolas fallar, además de su ya inmediato colapso por la falta de apoyo de la columna y así consecutivamente en cada crujía, hasta caer totalmente el edificio. Si el sistema de piso es muy flexible, como lo son las losas planas macizas o aligeradas, o con losas perimétricamente apoyadas en traveses poco aperaltadas, la diferencia de periodos entre columnas de cada crujía será como mínimo de un periodo, si el sistema de piso es más rígido con traveses aperaltados habrá la posible necesidad de saltarse un periodo, para que el desplazamiento vertical sea mayor y asegure la fragmentación de las traveses y losas. Hasta aquí queda resuelto el problema de una buena fragmentación en una sola dirección del sistema de piso, es decir las traveses perpendiculares al marco de la (Fig.III.22), no se fragmentarán y las losas sí pero parcialmente, para poder fragmentar los sistemas de piso en dos direcciones hay que ubicar los retardos consecutivamente en planta, como se muestra en la (Fig.III.23).



VISTA ARBITRARIA DE UN EDIFICIO POR DEMOLER



FIG. III.21

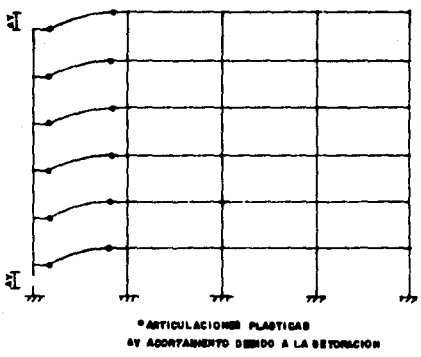
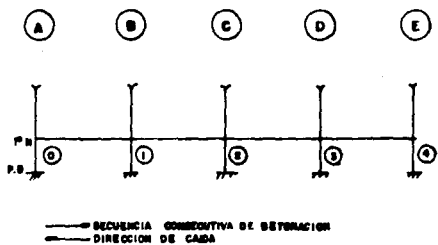


FIG. III.22

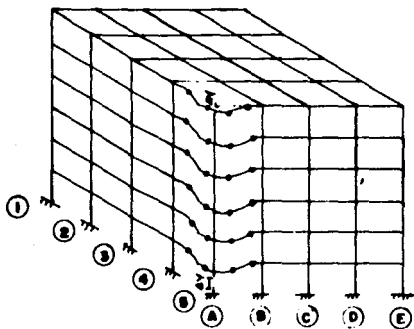
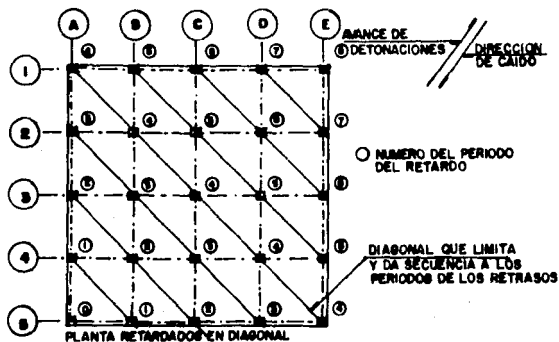


FIG. III.23

Para obtener una fragmentación de los sistemas de piso en dos direcciones, hay que trabajar con las plantas de los edificios para ubicar adecuadamente los retardos, dichas posiciones son las que determinan como habrá que colocar los retardos, dependiendo de la forma y la dirección de caída que se le pueda dar al edificio en función de sus colindancias.

La posición de retardos indicada en la (Fig.III.23), en diagonal provoca un mecanismo de falla de conjunto mostrado en la (Fig.III.24). Con las ventajas de obtener una buena fragmentación total, no sólo por las articulaciones plásticas de los sistemas de piso formadas en las dos direcciones, sino también porque una vez que caiga la columna A-5, con todo el peso de su área tributaria aproximadamente, jalará a las columnas A-4 y B-5, provocando nuevas articulaciones plásticas ahora en los entrepisos, las cuales a su vez producen un desplazamiento horizontal ΔX perpendicular a las diagonales, dicho desplazamiento hará caer parte del área tributaria de las columnas A-4 y B-5, sobre la de la columna A-5, volviéndola a fragmentar, y así sucesivamente. Otras ventajas son el control de la dirección de caída, la cual será perpendicular a las diagonales y en dirección contraria al avance de las detonaciones y con un impacto gradual, menor al que se provocaría si se detonan simultáneamente, por lo que las vibraciones serán menores.

Por otro lado la ubicación de retardos en diagonal tienen la desventaja de invadir, ya sea uno de los terrenos colindantes o una calle en función del desplazamiento horizontal ΔX , con el escombros en una longitud aproximada de un tercio de la altura del edificio a demoler, limitándose su aplicación. Tampoco es deseable utilizar la ubicación de retardos en diagonal en edificios muy esbeltos o alargados en planta, ya que las diagonales resultarían muy tendidas, con lo cual se pierde fragmentación y control en la dirección de caída.

Por lo tanto el método en diagonal conviene en edificios que tengan planta cuadrada o sensiblemente rectangular.

Para edificios esbeltos y alargados en planta, en principio se continua usando el método en diagonal, pero descomponiéndola en dos direcciones opuestas de tal forma que los desplazamientos horizontales tiendan a equilibrarse o sean mínimos, ya que las detonaciones empezarán en las cabeceras o extremos y terminarán en el centro (Fig. III.25). Dicha distribución se denomina "arco".

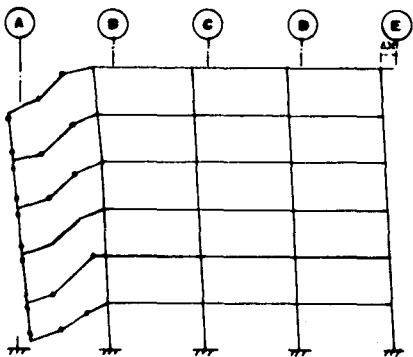


FIG. III.24

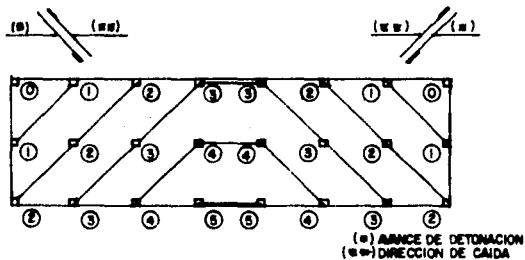


FIG. III.25

Para edificios que no presenten plantas en forma regular como la cuadrada o rectangular habrá que adaptar las diagonales o quebrar su dirección.

Una vez que se ha seleccionado el manejo de retardos en planta, se procede a estudiar su ubicación vertical, es decir la ubicación de retardos en planta determina el mecanismo de falla, con el cual se procura fragmentar todos los elementos estructurales, así como la dirección de caída, y como ya se había mencionado antes, bastaría con detonar solamente uno de los niveles inferiores con un barreno en cada columna para tirar un edificio, pero con resultados de buena fragmentación sólo si la altura del edificio y su estructuración permitan lograr una fuerza de caída tal que logren se cumpla el mecanismo de falla descrito anteriormente, de lo contrario para asegurar una buena fragmentación por ejemplo en un edificio de poca altura y una estructuración fuerte habrá que preparar más niveles con explosivos para obtener una mayor energía de caída del edificio. Por lo tanto el manejo de retardos está integrado a la cantidad de preparaciones (barrenos, demoliciones, cableado, etc.) necesarias para obtener más energía en la caída, ya que una vez que los explosivos detonen y remuevan los apoyos de la estructura, la fuerza de gravedad hará el resto de la fragmentación.

Para aprovechar la energía potencial gravitacional que es mayor en los niveles superiores habrá que remover las columnas de los niveles inferiores, si detonamos las columnas del entrepiso de planta baja como se muestra en la (Fig.III.23) con un sólo barreno el desplazamiento vertical Y tendrá una magnitud inicial aproximadamente igual a la zona local removida por los explosivos de dicho barreno al detonar, si se adiciona otro barreno, Y también se incrementará, por lo tanto en los pisos de planta baja y sótano es necesario volar la columna en toda su altura libre para lo cual se requieren de más barrenos, los cuales son como mínimo 3 y máximo 5 dependiendo de la altura del entrepiso, distribuidos uniformemente a lo largo de la altura libre de la columna.

También es indispensable volar las columnas del primer nivel por la misma razón, pero sólo en la mitad de su altura, para lo cual bastarán 2 o 3 barrenos.

Si se desea limitar la invasión con escombros ya sea de calles o terrenos colindantes y/o sea necesario ganar más energía de caída, bastará utilizar 2 barrenos en alguno de los niveles superiores. Esto es debido a que al detonar más niveles los desplazamientos verticales serán mayores que los horizontales, por lo que la masa de la estructura generará más aceleración debido a la fuerza de gravedad al crearse mayor altura de caída libre.

La ubicación de barrenos con el manejo de retardos, también puede asegurar el control de caída, abriendo cuñas, como si se tratara de tirar un árbol, tanto en edificios esbeltos como normales. (Fig. III.26).

En resumen, para poder obtener una buena fragmentación y control de caída de un edificio a demoler con explosivos, son de uso primordial los retardos y su adecuado manejo, pudiéndose dar muy variadas aplicaciones.

III.2.6. Cebado, Taquetado.

El cebo es la porción de la carga explosiva que consiste en un cartucho o recipiente de explosivos dentro del cual se inserta un detonador o cordón detonante y cuyo propósito es iniciar la carga principal. El cebo puede ser un explosivo encatuchado, tal como los hidrogeles o cualquier otro explosivo sensible al fulminante en una forma que sea segura y eficaz de manejar.

Los explosivos inadecuadamente cebados o dejan de detonar o no entregan su energía completa.

Los cebos de iniciación deben de ser de alta velocidad y alta energía por lo que se desarrollaron diferentes tipos de éstos, sin nitroglicerina, compactos,

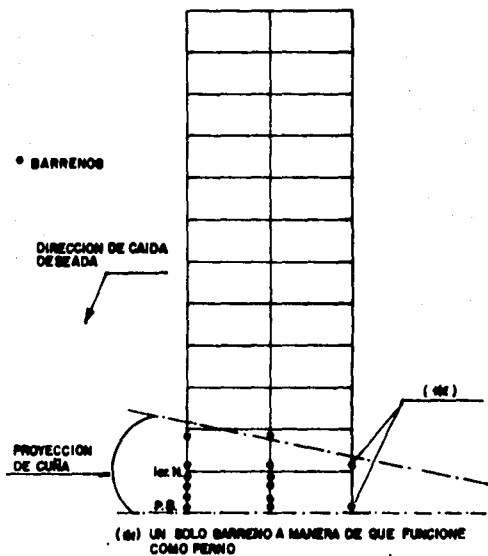


FIG. III.26

y de alta presión de detonación para proporcionar sistemas de voladuras completas y convenientes.

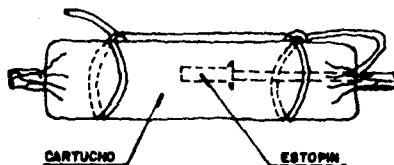
La efectividad de un sistema de cebado se determina en primer lugar por la presión de detonación, la energía y la resistencia al agua.

Los cebos pueden dividirse en tres grandes tipos que son:

- 1. Cebos de alta presión*
- 2. Cebos extruidos de plástico*
- 3. Hidrogeles encatuchados*

Cada uno de estos está diseñado para satisfacer los requerimientos para una determinada condición de presión, energía, velocidad, tamaño, costo o conveniencia. A continuación se describirá el cebado mediante el uso de hidrogeles encatuchados que fue lo que se utilizó en el cargado con explosivos en los edificios demolidos mediante este sistema.

- Preparación de cebos con estopines eléctricos. Se hace un orificio en un lado del extremo inferior del cartucho, se inserta la cápsula lo más profundo posible empujada con el dedo dentro del explosivo y tratando que quede en el centro, se hace uno ó dos lazadas alrededor del cartucho arriba y/o abajo de la cápsula para soportar el peso de la carga y para mantener a está en posición adecuada, ver (Fig. III.27).*
- Preparación del cebo con cordón detonante. El cordón detonante generalmente inicia un explosivo encatuchado sensible a la cápsula, si se coloca dentro del cartucho o en contacto con éste por la parte superior.*



PREPARACION DE CEBOS CON ESTOPINES ELECTRICOS

FIG.111.27.

Los cebos son más efectivos cuando se colocan de tal manera que la onda de detonación de los iniciadores y de la carga de cebo viaje hacia el explosivo a cebar y en la dirección hacia la cual se desplazará su onda de detonación.

Por lo tanto en los barrenos debe colocarse primero el cartucho cebado.

Algunas reglas para un buen cebado en las preparaciones para voladuras en general son las siguientes.

- La presión de detonación del cebo debe siempre exceder la presión de detonación del explosivo que se esté cebando.
- El detonador debe siempre dirigirse hacia la carga principal.
- El detonador o fulminante deberá estar asegurado y protegido con el cebo.

- *Nunca maltratar el cebo.*
- *Es económicamente recomendable usar el tipo, tamaño y número de cebos conocidos para asegurar un cebado eficiente y confiable con un margen de confianza.*

Material para el taco.

El uso de una mezcla de arena y arcilla, de arena sola, de barro, o de cortaduras de piedra, da buenos resultados, pero hay que procurar que el taco no tenga partículas filosas. También se pueden conseguir tapones especiales para atacar barrenos. Al colocar el taco, o atacar el barreno, hay que tener cuidado de no maltratar los estopines y su fulminante.

Cuando se este cargando o atacando el barreno, deben conservarse los cables del estopín estirados y a un lado del mismo, procurando no enredarlos o cortarlos.

Para el caso particular usado en el cargado de los barrenos del edificio demolido, el material para el taco utilizado fue arena fina introducido en pequeñas bolsitas de papel alargadas de diámetro aproximado o poco menos al barreno. Siempre se utilizó un palo de madera para cargar y nunca se taconeó el cartucho de cebo de iniciación que siempre fue el primero.

III.2.7. Dosificación.

La dosificación es la cantidad de carga de explosivos adecuada para el objetivo que se desea alcanzar.

La dosificación es muy importante, ya que si ésta se hace en exceso, se pierde la seguridad en la voladura con el riesgo de dañar inmuebles cercanos,

por el contrario si se hace insuficientemente se puede inclusive perder el control de calda del edificio u obtener una mala fragmentación.

Para el calculo de la dosificación de explosivos, se necesita un conocimiento amplio de éstos especialmente en la eficiencia de fragmentar y mover material, es decir en su energía y potencia, lo cual en la actualidad todavia no se ha estudiado satisfactoriamente, y menos para el caso de edificaciones, en las que las cantidades de explosivos que se manejan son pequeñas tanto localmente en cada elemento estructural que se vaya a remover, como el global aplicado a la estructura, siendo inclusive un factor económico insignificante.

Por lo tanto para dosificar cargos de explosivos adecuadamente en estructuras de concreto reforzado, se puede recurrir a lo siguiente:

- 1) Empíricamente.
- 2) Mediante pruebas.
- 3) Cálculo de presión de detonación.
- 4) Cálculo a base de la densidad de carga.

Empíricamente: En los aspectos de seguridad en voladuras mencionados más adelante de este capítulo, se dice que la brigada de personal que maneje los explosivos deberá tener experiencia y ser profesional no un usuario ocasional. La barrenación y su dosificación en roca tiene similitud en el concreto ya que este tiene agregados pétreos, no así si está reforzado, por lo tanto la cantidad y disposición del acero de refuerzo, junto con la importancia y la ubicación del elemento estructural a detonar son factores que determinarán si inclusive hay que sobredosificar o no.

Las siguientes recomendaciones son con base en la experiencia de los resultados de varias demoliciones anteriores y las pruebas previas descritas en el siguiente inciso.

Por ubicación: Es conveniente sobredosificar ligeramente las columnas de sótano (si existe), y planta baja, ya que son las que permitirán con su detonación el aprovechamiento de la energía potencial gravitacional y también porque obviamente son las más reforzadas, por el contrario en columnas de niveles superiores perimetrales o cercanas al perímetro del edificio, conviene dosificarlas menos, ya que si bien tienen protección individual se corre el riesgo de dañar fachadas colindantes o cercanas con el impacto de proyectiles o pedradas que no sean capaces de detener las protecciones.

Por disposición del acero de refuerzo: Para el caso de columnas rectangulares o cuadradas con el refuerzo concentrado en las esquinas, se dosificarán y burrearán normalmente. Para columnas con el refuerzo uniformemente distribuido y con refuerzo transversal convencional se dosificarán normalmente, pero para remover eficientemente la longitud deseada de columna los barrenos distarán entre sí de 12 a 14 veces el diámetro del barreno (50 a 60 cms.). En columnas circulares zunchadas además de la separación de barrenos antes mencionada, los barrenos deberán hacerse más profundos, del orden del 85 % de su diámetro o inclusive hasta que el barreno llegue al esfuerzo longitudinal diametralmente opuesto a donde se inició el barreno, para poder dosificar más.

Mediante pruebas: Cuando exista la posibilidad de acuerdo a lo mencionado en el inciso II.2., será conveniente hacer pruebas previas y de acuerdo con los resultados obtenidos ajustar la dosificación. Las pruebas consisten en detonar dos barrenos como máximo, con diferentes dosificaciones en una o dos columnas, de acuerdo al tamaño del edificio. Dichas columnas deberán ser interiores, nunca

de borde, ya que al detonarlas su trabajo se distribuirá en los elementos estructurales resistentes adyacentes. La prueba hay que hacerla en el entrepiso del sótano o de la planta baja, ya que el primero no se requiere de preparaciones de protección y en el segundo aparte de la protección individual de la columna existe la "cortina", la prueba debe limitarse a dos barrenos por columna, cada uno con dosificaciones, uno sobredosificado con la idea de desplazar totalmente el concreto y el otro subdosificado con la idea de agrietar el concreto, la finalidad de las diferentes dosificaciones es tener más conocimiento ya sea para ajustar o inclusive interpolar una dosificación adecuada. Por otro lado se limita a dos barrenos para evitar un desplazamiento vertical como el indicado en la Fig.III.25 que pudiera provocar un colapso prematuro o dejando la estructura inestable, dicho desplazamiento se tratará de eliminar o limitar lo más posible con el uso de retardos con un período de diferencia, es decir al detonar por ejemplo; primero el barreno sobredosificado la columna se acorará, dependiendo de la cantidad que se agriete o se desplace de concreto y el refuerzo trabajará como una columna corta y se pandeará radialmente hacia el exterior, evitando inclusive desplazamientos laterales, medio segundo después detonará el barreno subdosificado, agrietando la columna. Si se quiere más seguridad en la prueba se puede limitar a un sólo barreno por columna y pobremente dosificado.

Cálculo de la presión de detonación: De acuerdo a la definición dada en el inciso III.1.2., La magnitud de la presión de detonación es la que fragmenta el material a volar, en este caso el concreto, y se puede calcular aproximadamente con la siguiente expresión:

$$P = 2.5 pD^2 \times 10^4 \text{ (Kilobars)}$$

$$p = \text{densidad (grs./c.c.)}$$

$$D = \text{velocidad de detonación (m/seg.) del explosivo a}$$

utilizar. Para el hidrogel tovox 100, cuyas propiedades son las siguientes:

$$p = 1.10 \text{ grs./c.c.}$$

$$D = 4,050 \text{ m/seg.}$$

$$\text{nota: } 1 \text{ bar} = 1.033 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo:

$$p = 2.5 (1.10)(4,050)^2 \times 10^4 = 45.11 \text{ (Kilobars)}$$

$$p = 45.11 \text{ Kilobars} = 46,598.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$p = 46,598.6 \text{ kg/cm}^2$$

Es tal la magnitud de la presión de detonación que garantiza la pulverización y fragmentación del concreto alrededor del barreno por la onda tan intensa de esfuerzo generada, y posteriormente el movimiento o desplazamiento del concreto ya fracturado dependiendo de la cantidad de refuerzo, pero en general dicho desplazamiento será eficiente en un radio de 25 a 30 cm. aproximadamente, y en un volumen esférico o cilíndrico de acuerdo a la longitud del barreno y la columna de explosivo cargada, dicha eficiencia se debe también a la velocidad de detonación del hidrogel que es de 4,050 m/seg, superior a la velocidad sónica del concreto, la cual varía aproximadamente entre los 2,500 a 3,000 m/seg. dependiendo de su calidad.

Cálculos a base de la densidad de carga:

Una vez determinado el diámetro y la profundidad del barreno, se puede conocer la cantidad de carga que puede quedar alojada en el, ya que se conoce la densidad (grs./c.c.), del explosivo, su peso y dimensiones del cartucho.

La textura del explosivo a utilizar es plástica (hidrogel tovox 100), se empaca mediante una película de peso muy ligero que se cierra en ambos extremos mediante alambres metálicos. La textura final del cartucho es flexible pero firme, tiene el aspecto de una salchicha y de hecho comunmente así se le denomina. La película del cartucho o salchicha puede ser fácilmente hendida, cortada o inclusive romperse mediante una presión firme y constante, con lo cual se puede incrementar las densidades de carga hasta un 25 % y se podrá dosificar tanto en cartuchos enteros como fraccionados, pudiendose dar cualquiera dosificación deseada.

Una guía útil para proyectar una voladura es el saber aproximadamente cuantos kilogramos de explosivo se cargarán en un metro de barreno; para el caso de edificios las dimensiones y cantidades de explosivo son muy reducidas, utilizándose gramos de explosivos por centímetros de barreno.

Cuando se usa la densidad del explosivo para calcular cargas de barreno, hay que tomar en cuenta las variaciones en tamaño del barreno debido a brocas desgastadas y la variación en la compactación del explosivo (atacadura o aplastamiento).

Una vez descritos los aspectos con los que se puede calcular la dosificación, se dará el procedimiento de cargado recomendable, tanto por seguridad como para obtener la densidad de carga deseada.

III.2.8. Cargado.

Es esencial que el atacador sea lo suficientemente largo para alcanzar el fondo del barreno, deberá ser de madera sin ninguna parte metálica que pueda causar chispas. El extremo con que se ataca debe ser plano si se redondea por el uso, hay que cortarle una pequeña sección. El atacador debe ser 1/2" de diámetro menor que el barreno.

Siempre recorra el atacador en toda la profundidad del barreno para verificar su dimensión y limpieza.

Siempre inserte el cartucho cebado primero con la cápsula apuntando hacia el brocal, nunca coloque un cartucho detrás del cartucho cebado.

El cartucho cebado deberá empujarse al fondo del barreno pero nunca deba ser atacado.

En la profundidad restante del barreno no deberán cargarse más de dos cartuchos al mismo tiempo, siempre uno por uno o fracciones inclusive, atacando con una presión firme y constante sobre el cartucho, para romperlo o lograr que se expanda y llene completamente el barreno.

Durante el cargado los alambres del estopín deberán mantenerse tensos para evitar daño al aislamiento del atacador.

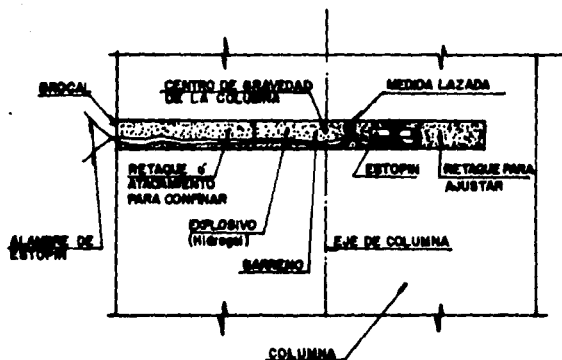
Terminando de cargar el barreno, este se debe confinar con tacos, los cuales consisten en bolsas alargadas de papel llenas de arena cernida y seca con un diámetro aproximado al del barreno.

Se recomienda alojar la carga aproximada en el centroide del barreno, si éste último tiene una profundidad mayor al espacio que ocupará el explosivo, este se puede dejar al centro utilizando tacos como ajustes.

En barrenos profundos con poca dosificación se podrán colocar tacos entre cartuchos, para llenar y confinar al barreno, estos detonarán por el efecto de propagación, no es necesario utilizar cebos múltiples.

Después de que la barrenación ha sido cargada, no deberán retirarse los derivados de los alambres de los estopines. Cuando se comience a formar la serie, las conexiones entre los alambres de los estopines no aisladas, deberán tocar tierra o estar juntas.

Terminando el circuito, mantenerlo en corto a éste en sus extremos, antes de efectuar el disparo, (Fig. III. 28).



BARRENO CARGADO (ELEVACION)

FIG. III.28

A continuación se dará un ejemplo de dosificación de una columna, cualesquiera en diferentes niveles. Para el cálculo se utilizará la tabla 5, obtenida de varios datos de edificios demolidos con explosivos de los cuales se tiene su dosificación y tamaño de columnas. También se revisará con base en la densidad del explosivo; si es posible colocarlo en el barreno de acuerdo a su volumen ó capacidad.

TABLA 5

NIVELES	COLUMNA	
	EXTERIOR	INTERIOR
NIVELES SUPERIORES 4° EN ADELANTE	0.90 - 1.15	1.10 - 1.50
INTERMEDIO (1° AL 3°)	0.95 - 1.20	1.30 - 1.85
PLANTA BAJA	0.90 - 1.10	0.95 - 1.20
SOTANO	NO RECOMENDABLE CARGAR	0.92 - 1.15

FACTORES PARA LA DOSIFICACION POR BARRENO (KG)

Aplicación de la TABLA 5:

Factor de la tabla $x \times x \times h$ = kilogramos (de explosivo)

Donde:

A = área de la sección de la columna (m²)

h = 0.6 m (15 veces el diámetro del barreno).

Ejemplo:

Calcular la dosificación de una columna interior de planta baja de 0.70 X 0.60 m.

datos:

Explosivo: cartucho de tovox 100

$\phi = 2.5 \text{ mm} = 1''$

$$L = 20.3 \text{ mm} = 8''$$

$$W = 121 \text{ gr/cartucho}$$

$$P = 1.1 \text{ gr/c.c.}$$

barreno:

$$\emptyset = 1 \frac{3}{4}'' = 44.45 \text{ mm.}$$

$$L = 75\% \text{ (lado más grande)} = 0.75 (0.70) = 0.525$$

cálculo:

$$A = 0.60 \times 0.70 = 0.42 \text{ m}^2$$

De la tabla 5 para plancha baja interior

$$F = (0.95 + 1.2)/2 = 1.075$$

Sustituyendo en (1)

$$1.075 \times 0.42 \times 0.6 = 0.271 \text{ kg.}$$

$$\text{No de cartuchos} = \frac{0.271}{0.121} = 2.24 \text{ cartuchos}$$

Dosificación = dos cartuchos enteros más 1/4.

Comprobación de capacidad de volumen del barreno

Suponiendo que el explosivo se puede compactar totalmente, este ocupará un volumen de:

$$V_{\text{explosivo}} = Wp = 271(1.1) = 298 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{barreno}} = \frac{(4.445)^2}{4} (52.5) = 815 \text{ cm}^3$$

V barreno es mucho mayor que el V explosivo, por lo tanto sí hay capacidad inclusive para 5.5 cartuchos y con 5 cm. de holgura para confinar con tacos de arena, pero solamente son necesarios 2.25 cartuchos para volar la columna.

III.2.9. Seguridad en voladuras.

La seguridad en la operación de voladuras, así como el uso, transporte y almacenamiento de explosivos es de vital importancia, ya que un accidente podría causar pérdidas humanas y materiales.

Si la seguridad es importante en el campo (minas, canteras, construcciones, etc.) más lo es en la ciudad y por lo tanto se requiere de una mayor planeación y vigilancia de todo el sistema operativo de la voladura.

Brigada de explosivos:

Ya que los accidentes no se provocan por si solos, sino por el personal, éste último debe de tener mucho entrenamiento y responsabilidad, es decir todo usuario de explosivos debe considerar la seguridad como su máxima responsabilidad, ya que toda ésta depende de dicho grupo de trabajo.

Por lo tanto el personal debe ser entrenado, debe tener experiencia y ser profesional, no un usuario ocasional, tiene que tener comunicación por medio de juntas y retroalimentación tanto formalmente como informalmente, la brigada deberá promover la seguridad por medio de anuncios, reglas y supervisiones.

La brigada de explosivos deberá ser lo más pequeña posible, de acuerdo a la cantidad de trabajo.

Preparaciones en el área de voladura o detonación:

La barrenación deberá ser supervisada y bien hecha, si se quieren obtener buenos resultados y conducir en forma segura el operativo de la detonación.

La operación de cargado de explosivos se podrá ejecutar una vez que se hayan terminado todos los trabajos de barrenación, demoliciones locales,

protección, etc. de todo el edificio, no antes y cuando ésta se inicie, el edificio deberá ser desalojado tanto de equipo como de personal innecesario. Antes de cargar un barreno, se deberá revisar que esté limpio, al cargar hay que asegurarse de que el estopín esté bien colocado dentro del cebo y no pueda salirse.

Una vez cargado y durante dicha operación el edificio deberá estar bloqueado en todos sus accesos por personal de guardia.

A la hora de la detonación, los vecinos de la zona deberán ser desalojados a una zona segura y el edificio deberá ser acordonado por lo menos 2 cuadras a la redonda (mínimo 200 m.).

Hay que usar un sistema de señales conocido por todo el personal que participe en el operativo de la detonación.

Ya que en la detonación de edificios se utilizan estopines eléctricos, se deberán tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para que éstos no vayan a tener una ignición accidental; no manejándolos o exponiéndolos a:

- a) Tormentas eléctricas o nubes electrificadas*
- b) Cerca de fuentes o conductores de voltaje, líneas de transmisión. etc. capaces de transmitir 0.05 amperes o más a través de una resistencia de un ohm.*
- c) Abuso físico, golpes, vibraciones, temperaturas arriba de 65° , etc.*

Regreso al área de detonación:

En toda operación de una voladura, el supervisor deberá asegurarse de que la detonación previa no produjo ningún peligro nuevo o imprevisto. Por lo tanto antes de que el personal y el equipo regresen al área de detonación, el

personal responsable deberá:

- a) Inspeccionar los resultados de la detonación, especialmente en la busca de explosivos sin detonar en la rezaga o escombros o barrenos que hayan quedado sin disparar hasta donde sea posible, con el mínimo de personal.*
- b) Reconocer y corregir condiciones peligrosas de inestabilidad del escombros o inclusive partes parciales que hayan quedado en pie de las edificaciones.*
- c) Rociar la rezaga con agua, este proceso asienta el humo y el polvo, mejorando la visibilidad.*
- d) Los explosivos sin detonar, dentro o sobre la rezaga, los deberán manejar la brigada de explosivos; se podrán detectar sobre todo en donde el edificio se vea más entero sabiendo que en dichas zonas se había cargado con explosivos.*
- e) Durante el quebrado y retiro de la rezaga pueden ocurrir accidentes, ya que sobre todo la maquinaria pesada o rompedoras pueden iniciar los explosivos que no hayan detonado y no se pudieron detectar en la inspección, por lo tanto todo el personal y operadores deberán estar alerta, para dar aviso y retirar dichos explosivos.*

Transporte, almacenaje, manejo y destrucción de explosivos.

Los reglamentos establecidos por el gobierno regulan en varios aspectos el uso de explosivos para minimizar riesgos.

Transporte de explosivos:

En México esta regulado por la Secretaría de la Defensa Nacional y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El reglamento incluye:

- 1) Especificaciones del embarque, documentación y contenido de carga.*
- 2) Etiquetas y carteles*
- 3) Compatibilidad de materiales*
- 4) Regulación de seguridad para el chofer, vehículo y operación del mismo.*

De esto hay que destacar que el vehículo deberá tener un piso firme que no produzca chispas al igual que todas las partes que tengan contacto con la carga, deberán estar construidas o recubiertas con material que no produzca chispas y en cuanto a compatibilidad de materiales es conveniente llevar por separado en un vehículo los estopines o cápsulas iniciadoras y en otro el explosivo.

El almacenamiento de explosivos propiamente dicho deberá ser en polvorines adecuados, los cuales no se describirán en este trabajo, pero para el uso de explosivos en la demolición de edificios éste es relativo, ya que cuando el vehículo de explosivos llega al área del edificio por detonar enseguida se empiezan a willizar, es decir el vehículo de transporte se convierte en un polvorín portatil móvil que sólo permanece durante unos cuantos días, en lo que se efectúan pruebas y el cargado del edificio. El vehículo debe ser custodiado por personal de vigilancia todo el tiempo que permanezca en el área de detonación y deberá ser estacionado en lo posible a distancia de calles públicas, puentes, túneles, edificios o lugares de reunión, por lo general se han escogido estacionamientos o terrenos baldíos adyacentes al edificio por detonar. Si lo anterior no es posible habrá que bloquear y acordonar la calle en donde se estacione el vehículo.

El manejo de explosivos empieza con el transporte del punto central de almacenamiento al área de detonación, de la cual ya se dieron recomendaciones;

de aquí en adelante el manejo de explosivos deberá ser únicamente realizado por el personal de la brigada de explosivos, la cual empezará a trabajar después de que:

- a) Las demoliciones previas, preparaciones de protección y barrenación del edificio ya están terminadas en su totalidad.*
- b) La energía eléctrica para las instalaciones del edificio ya ha sido cortada, y si se requiere la luz artificial, únicamente se podrán utilizar lámparas portátiles de gas.*

Condiciones de manejo:

- 1) Los explosivos y detonadores deberán mantenerse aparte hasta el último momento.*
- 2) Siempre deberán manejarse cuidadosamente, mantenerse secos, y protegidos de golpes, fricción, fuego, o chispas.*
- 3) Los alambres de los detonadores eléctricos deberán mantenerse fuera de corrientes erráticas o superficiales cargadas eléctricamente.*
- 4) Todos los explosivos y detonadores que no se usen al final de una tarea de cargado, deberán regresarse al camión, el cual no deberá irse hasta que se haya terminado el cargado total del edificio, y se regrese el sobrante y/o material defectuoso.*
- 5) Se deberá hacer y cumplir un programa de cargado, con una secuencia de inicio en los niveles superiores y luego niveles inferiores del edificio por demoler.*

La destrucción de explosivos dañados es frecuente y por lo general el fabricante da la asistencia necesaria. Los explosivos dañados son más peligrosos que los que están en buenas condiciones, por lo tanto mejor se destruyen a

willizar.

Entre las causas que dañan los explosivos se hayan las siguientes:

- a) *Mal y/o prolongado almacenamiento*
- b) *Recipientes rotos en el transporte y manejo*
- c) *Disparos quedados, y al retirar del barreno el explosivo se deteriora.*
- d) *Sobranies, ya que al dosificar, únicamente se requieren fracciones del cartucho del hidrogel, el cual se puede cortar fácilmente, quedando el resto inservible, etc.*

Vibraciones y golpe de aire.

Vibraciones:

Cuando un explosivo detona en un barreno, genera una intensa onda de esfuerzos en el concreto circundante. Esta pulveriza el concreto que se encuentra rodeándolo en una distancia equivalente a varios diámetros del mismo.

En una voladura, que puede terminar su detonación en unos cuantos segundos, se producen vibraciones del suelo en lugares que esten a varios cientos de metros de distancia. La amplificación del movimiento del suelo con la distancia tiene lugar con un proceso conocido como dispersión, donde las diferentes frecuencias que componen las variadas ondas de superficie viajan a diferentes velocidades.

La intensidad del movimiento sísmico o del suelo que pueden soportar varios tipos de estructuras, debe de establecerse antes de determinar las cargas en peso aceptables a diferentes distancias. En la demolición del edificio tratado en este trabajo, en general las cargas en peso de explosivos fueron pequeñas por

lo que la velocidad de las vibraciones del suelo en las edificaciones cercanas fueron muy reducidas del orden de 0.5 cm/seg. (0.19 pulg./seg.).

Para reducir las vibraciones del suelo por voladuras, se recomienda llevar a cabo las siguientes indicaciones:

- Diseño de detonación en forma de cuña para provocar el máximo alivio práctico.*
- Usar un factor de carga adecuado (cantidad de explosivo)*
- Utilizar diversas técnicas para reducir la carga en peso por retardo y a la vez, la velocidad máxima de la onda de vibración*
- Eliminar o reducir la propagación de barreno a barreno entre cargas que se intentan detonar a un diferente período de retardo.*

Golpe de aire en las explosiones.

El golpe de aire provocado por una explosión, es una onda de compresión en el aire, la cual es producida tanto por la acción directa de la detonación de un explosivo no confinado en el aire o por la acción indirecta de un material confinado, sujeto a una carga explosiva. El ruido es la porción del golpe de aire que se encuentra en la parte audible del espectro, variando de 20 a 20,000 Hz, y otra porción es la concusión que se encuentra debajo de 20 Hz. Por lo tanto para poder medir el golpe de aire completamente, se requiere una suficiente amplitud de banda que incluya todos los componentes de frecuencia, ya que el golpe de aire debido a explosiones contiene generalmente una considerable cantidad de energía con frecuencias por debajo de los 20 Hz. Estas bajas frecuencias, pueden llegar a dañar estructuras directamente pero por lo general pueden excitar vibraciones de frecuencia más altas las que se perciben como

ruido en ventanas, puertas, objetos sueltos, etc.

Cuando un gran número de cargas explosivas cercanas, se detonan con retardos de tiempos cortos entre sí, los golpes de aire de cada carga pueden sobreponerse en una dirección dada y producir un fuerte golpe de aire, esto se denomina, efectos direccionales.

Dentro de los factores que afectan la intensidad del ruido de una detonación a una cierta distancia se encuentran los atmosféricos, ya que la velocidad del sonido varía con la temperatura y la velocidad del viento. Los gradientes del viento son altamente direccionales, mientras que los gradientes de la temperatura son generalmente independientes del azimut; es decir, pueden refractar la dirección del sonido incrementando los niveles de ruido.

Dentro de los daños más comunes causados por el golpe de aire, se encuentran las ventanas de vidrio, las cuales son abundantes en el caso de demolición de edificios, por lo tanto se puede controlar el golpe de aire para evitar dichos daños, con las siguientes recomendaciones:

a) Evitar el uso de explosivos no confinados

Enterrar el cordón detonante 30 cm. o más

Utilizar cordón detonante con carga baja y enterrarlo unas cuantas pulgadas más.

b) Usar el taco adecuado

Utilizar bolsas de arena cernida y seca, sobre todo en columnas de borde, dosificando lo menos posible

c) Programar los disparos

Programar los disparos cuando los vecinos estén normalmente ocupados o esperen que ocurra una voladura

Evitar disparos temprano en la mañana o entrada la tarde para evitar la

*posibilidad de detonaciones durante inversiones térmicas, que puedan
aumentar el ruido*

- d) *Procurar que la progresión de la detonación en columnas sea menor que
la de la velocidad del aire.*

CAPITULO IV

EVALUACION ECONOMICA PREVIA A LA DEMOLICION.

El presente capítulo tiene como objetivo principal determinar los costos de las actividades que componen el proyecto de demolición tanto por el método de explosivos como demolición tradicional para posteriormente realizar una comparativa en cuanto a tiempo y costo.

En este caso para efecto de evaluación de costos se tomo el edificio referido en el capítulo V (APLICACION A UN CASO REAL).

Cabe mencionar que los costos aquí referidos varían conforme a las características del propio edificio por demoler, como de las políticas de la compañía contratada para estos efectos.

El proyecto de evaluación incluye la maquinaria y equipo necesario para su demolición, carga en camiones de volteo o plataforma, flete a los tiraderos oficiales dentro del Distrito Federal; señalamiento y protecciones en la vía pública, dejando cancelados en la banqueta los servicios de agua potable y drenaje. Esta demolición es hasta el nivel banqueta. El precio unitario incluye los trabajos de preparación previa y definitiva así como la carga y acarreo del producto de la demolición, hasta los lugares de tiro que señale COVITUR, los trabajos finales de limpieza y afine del terreno; el asesoramiento extranjero, carga y tronado de la estructura, incluyendo los materiales necesarios para la preparación de protección, madera, malla de alambre, cables de sujeción, oxígeno y acetileno, explosivos y artificios, materiales auxiliares y de consumo, agua a presión para los riegos de los trabajos, así como para asensar el polvo

producto de la tronada, mano de obra de preparación, barrenación, corte con equipo de oxiacetileno, colocaciones, movimientos de equipo y accesorios de herramientas, debilitamiento de estructuras y muros, asimismo la herramienta y equipo de protección, maquinaria necesaria para la preparación, demolición, barrenación, remoción, carga acarreo al tiradero, limpieza, conformación y nivelación del terreno.

*Nota: La evaluación de costos se determinó en base a un programa que a continuación se **PRESENTA**.*

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO NO. 1

OBRA: TESIS PROFESIONAL

 PARTIDA DEMOLICIONES
 CONCEPTO DEMOLICION DE EDIFICIOS USANDO EXPLOSIVOS

COSTO DE MATERIALES

ELEMENTO	UNIDAD	PRECIO/UNIDAD	DESP.	PRECIO/UNIDAD
EXPLOSIVOS	KG	13,720.00	1.03	14,131.00
ESTOPINES	PZA	251,500.00	1.00	251,500.00
ALAMBRE	ML	4,250.00	1.10	4,675.00
YRIPLAY	M2	33,325.00	1.10	36,657.50
MALLA CICLON	M2	11,600.00	1.05	12,264.00
TRIANGLE	M3	35,000.00	1.03	36,050.00
CABLE DE ACERO 3/4"	ML	21,370.00	1.05	22,438.50
CRIBAS	M3	7,000.00	1.10	7,700.00
ACTILERO	KG	27,300.00	1.10	30,030.00
BARRA DE ACERO 7/8" X 10"	PZA	402,323.00	1.00	402,323.00
POLIETA	PZA	15,000.00	1.00	15,000.00

COSTO DE MANO DE OBRA

CATEGORIA	SALARIO BASE	P. S. D.	S. REAL (8 HRS.)	SALARIO/SEMANA
OPERADOR PERFORADORA	47,600.00	1.73	82,395.60	494,373.60
OPERADOR BOMBEO	35,700.00	1.73	61,766.70	370,700.20
OPERADOR COMPRESOR	47,600.00	1.73	82,395.60	494,373.60
OPERADOR TRACAYO	71,452.00	1.73	123,603.41	742,109.47
OPERADOR TRACTOR	71,452.00	1.73	123,603.41	742,109.47
AYUDANTE DE OPERADOR	33,320.00	1.73	57,676.92	346,861.52
PEON	13,330.00	1.79	23,867.30	142,324.16
ELECTRICISTA	19,015.00	1.73	32,914.97	197,489.70
CABO DE BARRERACION	13,970.00	1.73	24,162.07	145,092.42
INGENIERO ESPECIALISTA	100,000.00	1.73	173,100.00	1,030,000.00
DIBUJANTE	22,305.00	1.73	38,740.44	232,450.61
SECRETARIA	17,295.00	1.73	29,937.05	179,625.67

COSTO DE EQUIPO

EQUIPO	RENTA /SEM.	RENTA /SEM.	COSTO TOTAL /SEM.
COMPRESOR 600 JOT	7,000,000.00	1,750,000.00	1,750,000.00
PERFORADORA 80-571	600,000.00	150,000.00	150,000.00
TRACAYO	13,000,000.00	3,250,000.00	3,250,000.00
TRACTOR C/BIPE	20,000,000.00	6,000,000.00	6,000,000.00
EQUIPO DE CRICOSTE	400,000.00	100,000.00	100,000.00

PROGRAMA DE TRABAJO PARA DEMOLICION CON EXPLOSIVOS

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	SEMANAS					
			1	2	3	4	5	6
ABANDONACION DE COLUMNAS	260.00	M	█					
DEMOLICION DE MUROS DE CONCRETO	173.00	M3	█	█				
DEMOLICION DE MUROS DE TABIQUE	1,500.00	M2	█	█				
DEMOLICION DE CURSOS DE ELEVADORES	43.00	M3	█	█				
PROTECCION DE COLUMNAS	5,256.00	M2	█	█				
PROTECCION PERIENSTRAL	360.00	M2		█	█			
PROTECCION EXTERIOR	0,500.00	M3		█	█			
COLOCACION DE CABLES DE ACERO	65.00	M		█	█			
CARGA Y CONEXIONES	140.50	KG		█				
DEMOLICION	10,920.00	M3-SRU		█				
RENOCION Y APILA	10,920.00	M3-SRU			█	█	█	█
CARGA	10,920.00	M3-SRU			█	█	█	█
ACABRRO	10,920.00	M3-SRU			█	█	█	█

PROGRAMA DE EQUIPO Y MANO DE OBRA PARA DEMOLICION CON EXPLOSIVOS

CONCEPTO	TOTAL	SEMANAS					
	SEMANAS	1	2	3	4	5	6
EQUIPO							
COMPRESOR 600 JOY	8	2	2	1	1	1	1
PERFORADORA	6	3	1				
BOMBEOSA	30	5	5	5	5	5	5
TRACTOR C/BIPPE	4			1	1	1	1
TRACAVO	4			1	1	1	1
EQUIPO DE ORICORTE	12	4	4	1	1	1	1
MANGUERAS	30	5	5	5	5	5	5
MANO DE OBRA							
OP. DE COMPRESOR	8	2	2	1	1	1	1
PERFORISTA	36	6	6	5	5	5	5
OP. DE TRACTOR	4			1	1	1	1
OP. DE TRACAVO	4			1	1	1	1
CAMO DE MANEJACION	6	1	1	1	1	1	1
AYTE. PERFORISTA	36	6	6	5	5	5	5
PIEDO	60	10	10	10	10	10	10
ELECTRICISTA	2	1	1				

COSTO DE ACERDOS

ACABO DE MATERIALES	PRECIO
TARIFA DE FERTILIZOS por KM	1,183.00
TARIFA DE FLETE EN 2 AL 20	609.00

VALORIZACION DE EQUIPO	COSTO/SIM.	SEMANAS	COSTO TOTAL
COMPRESOR 600 JOY	1,750,000.00	6	10,500,000.00
PERFORADORA BE-571	600,000.00	6	3,600,000.00
TRACAVO	13,000,000.00	4	52,000,000.00
TRACTOR C/SHIP	24,000,000.00	4	96,000,000.00
EQUIPO DE COMA	400,000.00	12	4,800,000.00
SUB- TOTAL			166,900,000.00

VALORIZACION MANO DE OBRA	COSTO/SIM.	SEMANAS	COSTO TOTAL
OPERADOR PERFORADORA	494,373.60	36	17,797,449.60
OPERADOR BOMBEDORA	370,780.20	36	13,348,097.20
OPERADOR COMPRESOR	486,373.60	8	3,894,988.80
OPERADOR TRACAVO	742,100.47	4	2,968,401.89
OPERADOR TRACTOR	742,100.47	4	2,968,401.89
AYUDANTE DE OPERADOR	346,061.52	4	1,384,246.08
FEOM	143,324.16	50	6,599,449.60
ELECTRICISTA	187,489.78	2	394,979.56
CABO DE HERRAMIENTAS	145,092.42	6	870,554.52
SUB- TOTAL			52,286,559.16

VALORIZACION DE MATERIALES	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
EXPLOSIVOS	14,131.50	140.50	1,985,400.00
ESTOPINES	251,500.00	371.00	93,300,500.00
ALAMBRE TON 14	4,075.00	1,230.00	5,750,250.00
TRIPLAY	36,057.50	1,075.00	61,401,312.50
MALLA CICLON	12,704.00	3,950.00	40,442,000.00
TRILONTE	36,050.00	500.00	10,025,000.00
CABLE DE ACERO 3/4"	22,430.50	65.00	1,450,502.50
QUICHO	8,300.00	20.00	167,200.00
ACETILENO	30,030.00	10.00	300,300.00
BARRA DE ACERO 7/8" X 10"	602,323.00	6.00	2,773,930.00
POLIETA	15,000.00	6.00	90,000.00
SUB- TOTAL			130,409,303.00

VALORIZACION ACARREOS	PRECIO	VOLUMEN DE MATERIAL	REND.	TOTAL
ACARREO 1er. EN	1,193.00	10,920.00	1.30	10,703,040.00
ACARREO EN 2 AL 20	600.00	207,400.00		126,355,320.00
SUB- TOTAL				143,149,160.00

PROYECTO DE DEMOLICION	
INGENIERO ESPECIALISTA	2,077,200.00
DIBUJANTE	232,490.61
SECRETARIA	170,025.87
	<u>2,480,316.48</u>

PAPLERIA, COPIAS, ETC. 10%	240,931.65
	<u>2,720,248.13</u>

RESUMEN

MATERIALES	130,409,303.00
MANO DE OBRA	52,200,550.16
EQUIPO	100,000,000.00
ACABADOS	140,140,100.00
HERRAMIENTA 5% DE MANO DE OBRA	2,610,327.96
PROYECTO DE DEMOLICION	2,720,248.13
	<u>500,000,000.25</u>
TOTAL COSTO DIRECTO	500,000,000.25
UTILIDAD 35 %	175,000,000.10
	oooooooooooo
	675,000,000.35
	oooooooooooo

COSTO DIRECTO	602,170,295.44	
	<u>9,209.82</u>	= 74,160.01 /82

CANTIDAD : UNIDAD : 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8 : 9 : 10 : 11 : 12 : 13 : 14 : 15 : 16 : 17 : 18 : 19 : 20 : 21 : 22 : 23 : 24

ZOTEA

780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



780

H3



P. B.

780

H3

SOTANO

780

H3

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO NO.1

PARTIDA CONCEPTO		DEMOLICIONES DEMOLICION DE EDIFICIOS POR EL METODO TRADICIONAL		
VALORIZACION DE MATERIALES	PRECIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL	
YARNO 200 LTS.(USADO)	82,000.00	70 PZAS.	6,340,000.00	
HERRERA(ANDANIOS)	2,750.00	1,000 PT	2,750,000.00	
TRIPLAT	16,657.50	370 M2	15,563,275.00	
SUB- TOTAL			20,653,275.00	
VALORIZACION DE EQUIPO	COSTO/SEM.	SEMANAS	COSTO TOTAL	
COMPRESOR 600 JOY	1,750,000.00	50	90,000,000.00	
PERFORADORA DE-571	600,000.00	224	134,400,000.00	
TRASCAYO	13,000,000.00	20	364,000,000.00	
MANGUERAS	100,000.00	224	22,400,000.00	
SUB- TOTAL			810,800,000.00	
VALORIZACION MANO DE OBRA	COSTO/SEM.	SEMANAS	COSTO TOTAL	
CABO DEMOLICION	143,324.16	56	8,026,152.96	
OPERADOR COMPRESOR	490,373.00	56	27,660,921.00	
OPERADOR BOMBEORA	490,373.00	224	110,739,608.00	
AYUDANTE DE OPERADOR	316,061.52	140	44,448,612.00	
PROMES	143,324.16	560	60,261,529.00	
OPERADOR TRASCAYO	742,100.47	20	20,776,013.16	
SUB- TOTAL			285,939,716.52	

VALORIZACION ACABADOS	PRECIO	VOL. MATERIAL	PERAL	TOTAL
ACABADO 1er EN	1.163.00	10,526.00	1.35	13,753,868.00
ACABADO EN 2 AL 20	603.00	207,466.00		126,355,326.50
SUB-TOTAL				143,149,186.00

PRESUMEN:

MATERIALES	20,653,275.00
MANO DE OBRA	285,939,716.52
EQUIPO	618,800,000.00
ACABADOS	143,149,186.00
herramienta su de mano de obra	14,796,985.83
TOTAL COSTO DIRECTO	1,093,339,165.35

UTILIDAD 35 % 382,316,707.87

1,475,657,873.22

COSTO DIRECTO 1,475,657,873.22

= 160,397.59 MZ
9,200 MZ

DE LO ANTERIOR PODEMOS CONCLUIR LO SIGUIENTE:

	COSTO/M2	DURACION DEL PROYECTO
DEMOLICION CON EXPLOSIVOS	74,149.81	5 SEMANAS
DEMOLICION TRADICIONAL	160,397.59	28 SEMANAS

La reduccion en costos mediante el uso de explosivos con tecnica nacional es de un 50 % aproximadamente respecto a la demolicion tradicional y el plazo de ejecucion de la obra se reduce al 20 % aproximadamente de la demolicion tradicional.

CAPITULO V

APLICACION A UN CASO REAL

Este capítulo tiene como objetivo principal conocer los resultados de la aplicación del método de demolición con explosivos obtenidos de un caso real, con el fin de mejorar en lo que sea posible la aplicación posterior de esta, a edificios, que presenten un diagnóstico de demolición.

PROGRAMACION

Una vez obtenido el peritaje y la decisión de la demolición por la técnica mediante el uso de explosivos, se procede a ejecutar un levantamiento como sigue:

ESTUDIO PARA DEMOLICION DE EDIFICIOS CON EXPLOSIVOS

Edificio: Monterrey No. 158

DATOS GENERALES

- 1.- Localización: Monterrey esq. Zacatecas*
- 2.- Propietario: Patrimonio de la beneficencia pública de la Secretaría de Salud.*
- 3.- Características generales del edificio:*

12 niveles y sótano

oficinas

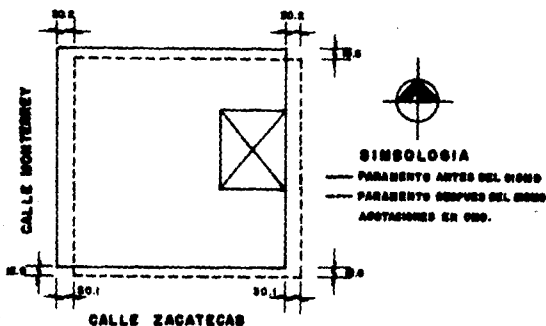
Estructurado a base de columnas y losa plana aligerada en forma de panal o de "Waffle". Alta densidad de muros de concreto en todo el perímetro, construidos por reestructuración de daños causados por el sismo de 1979. Muros no estructurales en la zona central (cubo de elevadores y escaleras). 200 m² de terreno y 9,200 m² de construcción.

4.- Motivo por el que se propone demolerse:

Por causa del sismo ocurrido en la Ciudad de México, el pasado Septiembre de 1985, gran parte de las columnas sufrieron agrietamientos inclinados, indicando fallas por tensión diagonal, orientadas en dos direcciones, provocadas por la inversión de esfuerzos. Es apreciable un desplome hacia el oriente de 30.2 cm., en varios entrepisos las losas sufrieron agrietamientos y también se observa el deslizamiento y/o punzonamiento de las columnas en los capiteles de estructura de la losa reticular provocada por la tensión diagonal. En general el sistema de piso fué demasiado flexible.

La Asimetría que presenta los muros de concreto reforzado, en planta, provocaron excesivas torsiones en la zona central, lo que ocasionó el agrietamiento en las columnas ubicadas en dicha zona. Todos los elementos no estructurales se colapsaron o agrietaron. Es perceptible el ondulamiento en la losa, principalmente en los pisos intermedios.

Algunos muros perimetrales de concreto reforzado se agrietaron.



DESPLOMES EDIFICIO MONTERREY No. 158

5.- Recomendaciones:

El edificio se encuentra seriamente dañado, resulta antieconómico e inseguro realizar una nueva reestructuración. Debido a la inestabilidad que presenta, es necesario demolerlo, ya que además es un peligro para la seguridad pública, tanto para construcciones vecinas aún habitadas como para el paso de peatones y/o vehículos en su periferia.

Después de considerar los diversos factores que siempre deben tomarse en cuenta para llegar a la decisión de demoler un edificio y analizando los diversos procedimientos para hacerlo, con sus respectivos análisis de costos, se optó por destruir este por el método de explosivos.

6.- Aspectos legales.

Paralelo al programa anterior, se procede a hacer un levantamiento físico, tanto del edificio a demoler como de los edificios e instalaciones aledañas, así como, a la recuperación de materiales aprovechados como son: elevadores, cancelería, puertas, muebles de baño, instalaciones y equipos auxiliares.

El levantamiento físico del edificio, permite ejecutar el tipo de actividad a realizar y con esto proyectar el programa preliminar.

PREPARACIONES DEL EDIFICIO

SOTANO

Se eliminaron todos los muros interiores de concreto, se demolieron algunas losas del sótano para unir las celdas de cimentación, para facilitar

el bombeo del agua, se ranuraron las rampas u estacionamientos y se perforaron con 4 barrenos las columnas interiores al 75% en el sentido de la longitud mayor.

Se demolieron cubo de elevadores y muros de escaleras.

PLANTA BAJA

Se eliminaron muros exteriores de concreto y tabique, muros interiores y se perforaron las columnas con 4 barrenos al 75% en el sentido de la longitud mayor y se ranuraron escaleras en las ligas con las losas. Se demolieron cubo de elevadores y muros de escaleras.

PRIMER PISO

Se eliminaron muros exteriores e interiores, se perforaron las columnas con 3 barrenos al 75% en el sentido de la longitud mayor y se ranuraron escaleras en las ligas con las losas, se demolieron cubo de elevadores y muros de escaleras.

3º, 5º Y 7º PISOS

Se eliminaron muros exteriores e interiores, se perforaron las columnas con 2 barrenos al 75% en el sentido de la longitud mayor y se ranuraron escaleras en las ligas con las losas, se demolieron cubo de elevadores y muros de escaleras.

CONSIDERACIONES

Para obtener buena dirección de caída, es determinante la eliminación de todo de tipo de muros y elementos estructurales que en determinado momento,

pueden obstaculizar la dirección de la caída fijada.

Se colocaron en 4º y 6º, cables de 3/4" de acero con una resistencia de 36,000 lbs. aprox. de la columna "A"-3 a la columna "B"-3 y de la "A"-4 a la "B"-3 para auxiliar la dirección de la caída.

Se ranuraron en 2º, 4º y 6º pisos el muro de concreto de la fachada oriente y e 1.5 m. de altura, debido a que estos retardos fueron los iniciales y se necesitaba un desgajamiento perfecto, para que los posteriores tuvieran lugar en donde alojarse.

PROTECCION

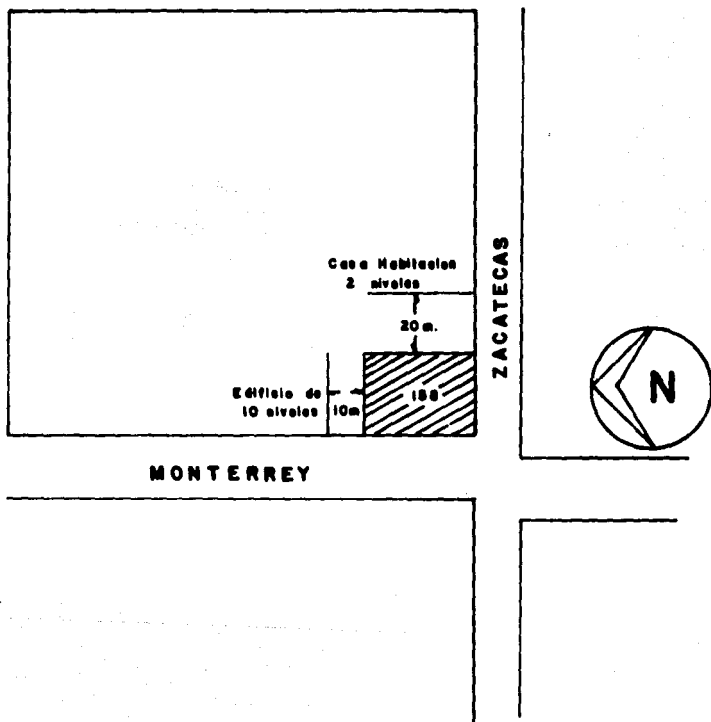
Todas las columnas exepto en sótano, se forraron con malla ciclón, lamina pinto y 2 vueltas con malla ciclón.

En planta baja, se colocó una cortina en todo el perímetro a base de malla ciclón y triplay de 19 mm. sin dejar ninguna superficie descubierta, que permitiera la salida de algún proyectil.

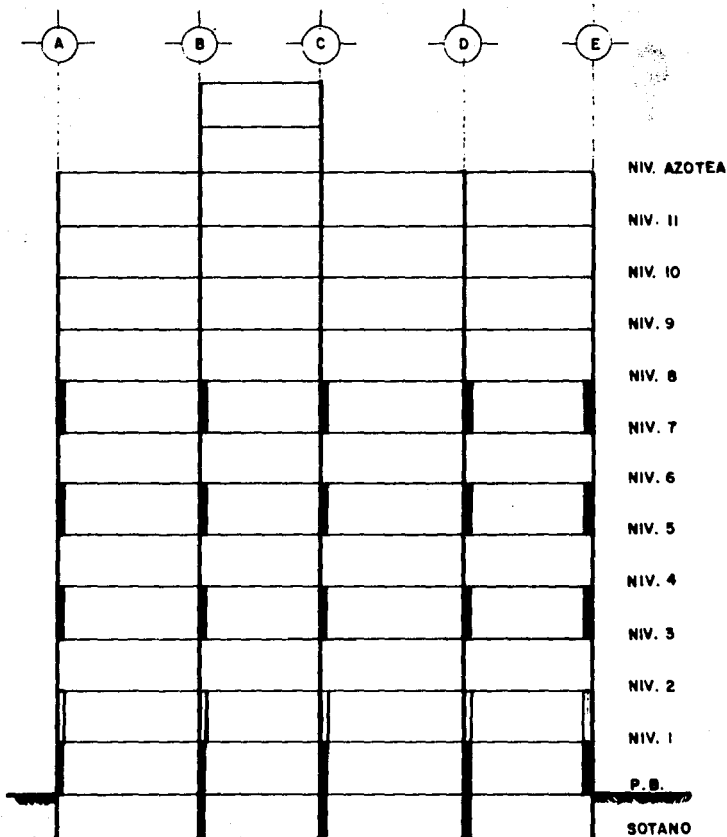
Las instalaciones subterrneas se protegieron, colocando un colchón de arena y apuntalando los registros.

Se cubrieron todas las ventanas e instalaciones (tinacos de agua, tanques de gas, etc.) de edificios aledaños con: madera, lámina y lonas.

CROQUIS DE UBICACION



EDIFICIO MONTERREY 150



EDIFICIO - MONTERREY No. 158

155

2 Barranos
 3 Barranos
 4 Barranos

PROYECTO DE BARRRENACION

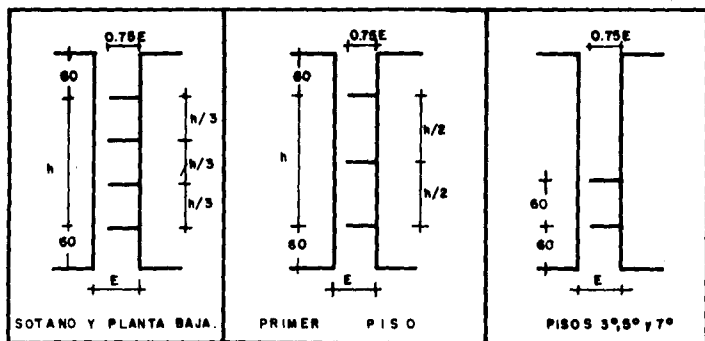
EDIFICIO	No.de Barrenos
Monterrey y Zacatecas	
SOTANO	
9 columnas x 4 perforaciones	36
PLANTA BAJA	
26 columnas x 4 perforaciones	104
RAMPA	
3 columnas 4,3,2 perforaciones	9
PRIMER PISO	
26 columnas x 3 perforaciones	78
TERCER NIVEL	
24 columnas x 2 perforaciones	48
QUINTO NIVEL	
24 columnas x 2 perforaciones	48
SEPTIMO NIVEL	
24 columnas x 2 perforaciones	48

	371

BARRENACION DE COLUMNAS

1° DIRECCION.- Los barrenos serán horizontales en el sentido largo de la columna, en el eje no. 1, la boca del barreno quedará hacia el eje no. 2. y en los ejes 2 al 5 del barreno dará hacia el eje no. 1

2° DISTRIBUCION.- Será de acuerdo a las siguientes figuras:

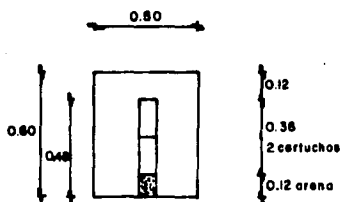


ACOTACIONES EN CMS.

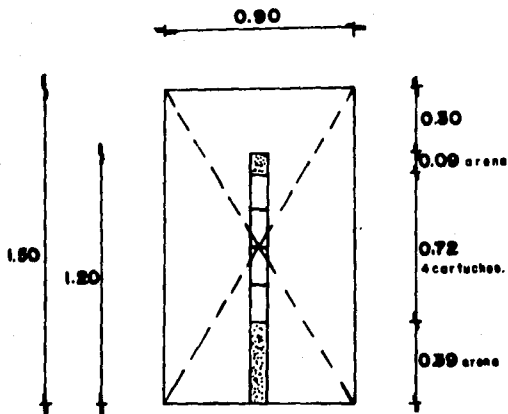
CANTIDADES REQUERIDAS DE EXPLOSIVOS

Considerando columnas de 0.60 x 0.50 mts. y que se barrenará al 80/75 % de la longitud mayor en un diámetro de 1 1/4", en dicho barreno se pueden alojar 2 cartuchos de 1" x 8" que con el retardo ocuparía 30 cms. de barreno quedando 15 cms. para el taco.

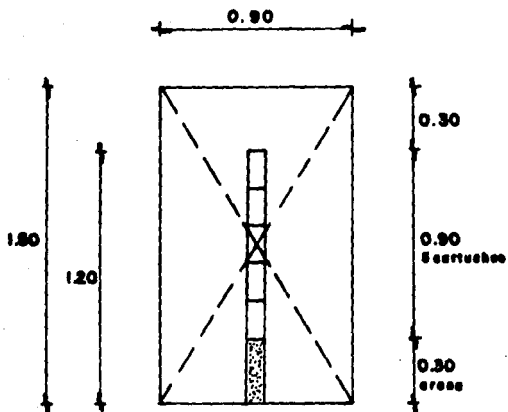
Las columnas de 0.90 x 1.50 mts. se barrenarán de la misma forma y se podrán alojar 4 ó 5 cartuchos como se muestra en las secciones de columna siguiente, definiéndose la cantidad de explosivo, una vez realizada la prueba de carga de esta manera el explosivo queda sensiblemente en el centro de gravedad de la columna. Se cebará el cartucho de fondo y el taco será de arena confinada.



SECCION COLUMNA CENTRAL



SECCION COLUMNA PERIMETRAL
 (4 cartuchos)



SECCION COLUMNA PERIMETRAL
(8 cartuchos)

4 BARRENOS.

$$0.50 \times 0.60 \times 1.80 = 0.54 \text{ m}^3$$

$$4 \text{ barrenos} \times 2 \text{ cartuchos} \times 0.120 \text{ kg/cart.} = 0.960 \text{ kg.}$$

$$\frac{0.960}{0.54} = 1.777 \text{ kg/m}^3$$

3 BARRENOS

$$0.50 \times 0.60 \times 1.80 = 0.54 \text{ m}^3$$

$$3 \text{ barrenos} \times 2 \text{ cartuchos} \times 0.120 \text{ kg/cart.} = 0.720 \text{ kg.}$$

$$\frac{0.720}{0.54} = 1.333 \text{ kg/m}^3$$

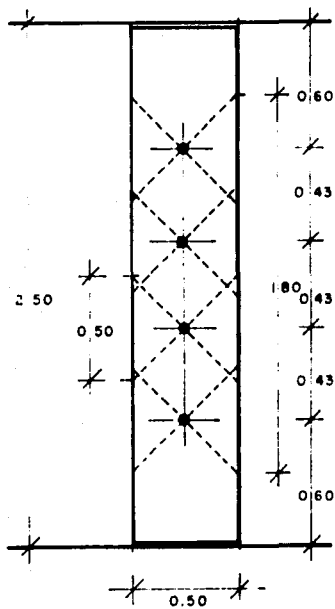
2 BARRENOS

$$0.50 \times 0.60 \times 1.10 = 0.33 \text{ m}^3$$

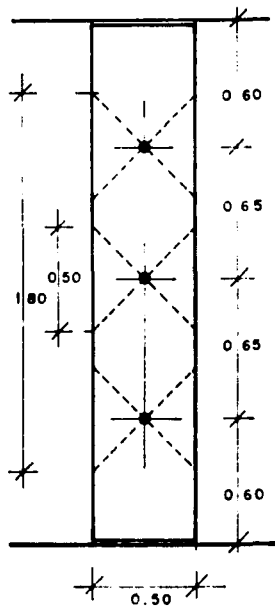
$$2 \text{ barrenos} \times 2 \text{ cartuchos} \times 0.120 \text{ kg} = 0.480 \text{ kg.}$$

$$\frac{0.480}{0.33} = 1.455 \text{ kg/m}^3$$

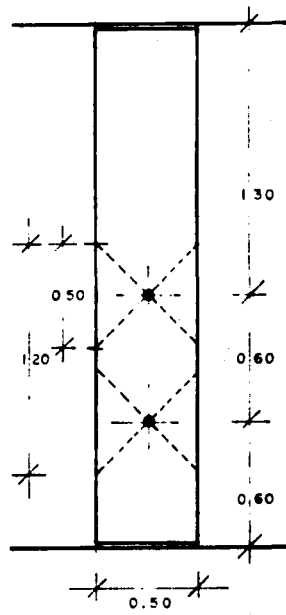
columna 0.50 x 0.60



4 barrenos



3 barrenos



2 barrenos

4 BARRENOS

$$0.90 \text{ m} \times 1.50 \text{ m} \times 2.20 \text{ m} = 2.97 \text{ m}^3$$

$$4 \text{ barrenos} \times 4 \text{ cartuchos} \times .120 = 1.92 \text{ kg.}$$

$$\frac{1.92}{2.97} = 0.646 \text{ kg/m}^3$$

$$4 \text{ barrenos} \times 5 \text{ cartuchos} \times .120 = 2.40 \text{ Kg.}$$

$$\frac{2.40}{2.97} = 0.808 \text{ kg.}$$

3 BARRENOS

$$0.90 \times 1.50 \times 2.20 = 2.97 \text{ m}^3$$

$$3 \text{ barrenos} \times 4 \text{ cartuchos} \times 120 \text{ gr.} = 1.440 \text{ kg.}$$

$$\frac{1.440}{2.97} = 0.486 \text{ kg/m}^3$$

$$3 \text{ barrenos} \times 5 \text{ cartuchos} \times 120 = 1.800 \text{ kg.}$$

$$\frac{1.800}{2.97} = 0.606 \text{ kg/m}^3$$

2 BARRENOS

$$0.90 \text{ M} \times 1.50 \times 1.50 = 2.025 \text{ m}^3$$

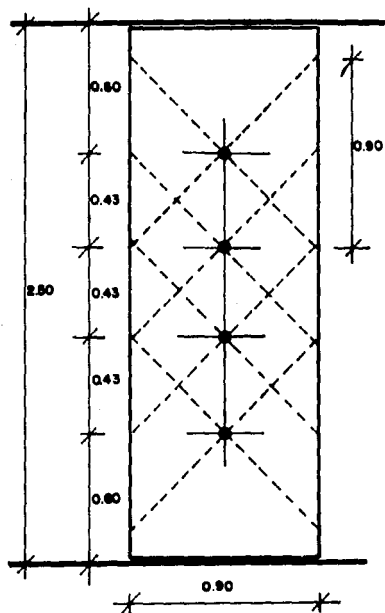
$$2 \text{ barrenos} \times 4 \text{ cartuchos} \times 120 = 0.960 \text{ kg.}$$

$$\frac{0.960}{2.025} = .474 \text{ kg/m}^3$$

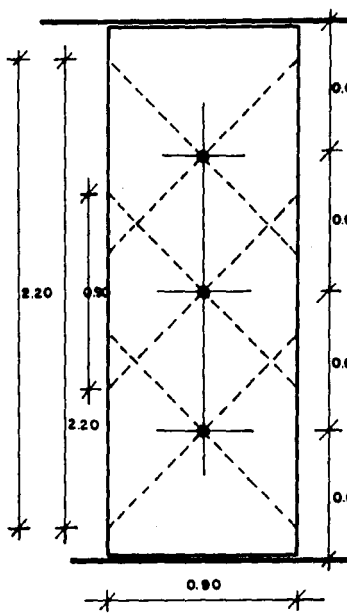
$$2 \text{ barrenos} \times 5 \text{ cartuchos} \times 120 = 1.200 \text{ kg}$$

$$\frac{1.200}{2.025} = 0.592 \text{ kg/m}^3$$

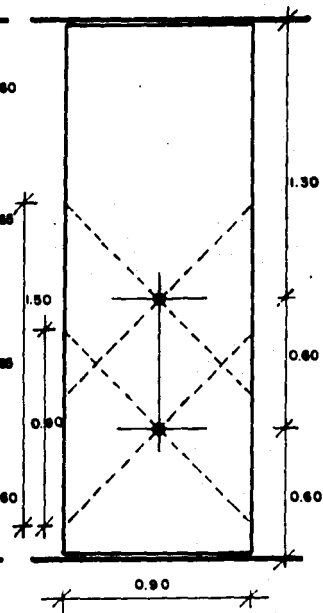
Columna 0.90 x 1.50



4 barrenos



3 barrenos



2 barrenos

MONTERREY No 158

DE EXPLOSIVO ESTIMADA

ACION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS
0 1.60	0.48	2.0	0.120	0.24	4	0.96	9

DE EXPLOSIVO ESTIMADA

UA

ACION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS
0 X 0	0.48	2.0	0.120	0.24	4	0.96	15
0 X 0	120.0	5.0	0.120	0.60	4	2.40	11

EDIFICIO MONTERREY No 158

CANTIDAD DE EXPLOSIVO ESTIMADA

RAMPAS

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
CI 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	4	0.96	1	0.96	0.12
CI 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	3	0.72	1	0.72	0.12
CI 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	2	0.48	1	0.48	0.12
								2.16	

EDIFICIO MONTERREY No 158

CANTIDAD DE EXPLOSIVO ESTIMADA

PRIMER PISO

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	3	0.72	15	10.80	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.60	3	1.80	11	19.80	0.30
									30.60

CANTIDAD DE EXPLOSIVO ESTIMADA

TERCER PISO

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	2	0.48	13	6.24	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.60	2	1.20	11	13.20	0.30
									19.44

EDIFICIO MONTERREY No 158

CANTIDAD DE EXPLOSIVO ESTIMADA

QUINTO PISO

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	2	0.48	13	6.24	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.60	2	1.20	11	13.20	0.30
									19.44

CANTIDAD DE EXPLOSIVO ESTIMADA

SEPTIMO PISO

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	2	0.48	13	6.24	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.60	2	1.20	11	13.20	0.30
									19.44

RESUMEN DE EXPLOSIVO ESTIMADO

S O T A N O	8.64 KG.
PLANTA BAJA	40.80 KG.
RAMPAS	1.16 KG.
PRIMER PISO	30.60 KG.
TERCER PISO	19.44 KG.
QUINTO PISO	19.44 KG.
SEPTIMO PISO	19.44 KG.

	140.52 KG.

EDIFICIO MONTERREY No 158

CANTIDAD DE EXPLOSIVO REAL

S O T A N O

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	3.0	0.120	0.36	4	1.44	9	12.96	0.12
								12.96	

CANTIDAD DE EXPLOSIVO REAL

PLANTA BAJA

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.5	0.120	0.3	4	1.20	15	18.0	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.6	4	2.40	11	26.40	0.30
								44.40	

EDIFICIO MONTERREY No 158

CANTIDAD DE EXPLOSIVO REAL

RAMPAS

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
CI 0.50 X 0.60	0.48	1.5	0.120	0.18	4	0.72	1	0.72	0.12
CI 0.50 X 0.60	0.48	1.5	0.120	0.18	3	0.54	1	0.54	0.12
CI 0.50 X 0.60	0.48	1.5	0.120	0.18	2	0.36	1	0.36	0.12
									1.62

EDIFICIO MONTERREY No 158**CANTIDAD DE EXPLOSIVO REAL****PRIMER PISO**

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	3	0.72	15	10.80	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.60	3	1.80	11	19.80	0.30
									30.60

CANTIDAD DE EXPLOSIVO REAL**TERCER PISO**

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	2	0.48	13	6.24	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.60	2	1.20	11	13.20	0.30
									19.44

EDIFICIO MONTERREY No 158**CANTIDAD DE EXPLOSIVO REAL****PRIMER PISO**

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	2	0.48	13	6.24	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.60	2	1.20	11	13.20	0.30
									19.44

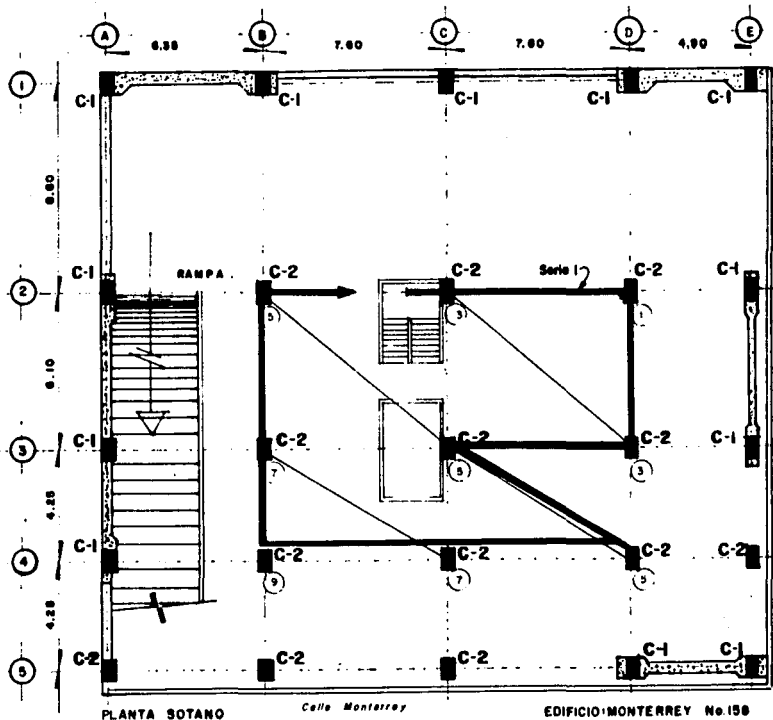
CANTIDAD DE EXPLOSIVO REAL**QUINTO PISO**

TIPO SECCION	LONG. MAYOR 80%	NO. CART. X BARRE.	PESO X CARTUCHO	KG. X BARRENO	NO. DE BARRENOS	KG X COL.	NO. DE COLUMNAS	KG. X EXP.	TACO M.
C1 0.50 X 0.60	0.48	2.0	0.120	0.24	2	0.48	13	6.24	0.12
C2 0.90 X 1.50	120.0	5.0	0.120	0.60	2	1.20	11	13.20	0.30
									19.44

RESUMEN DE EXPLOSIVO REAL

S O T A N O	12.96 KG.
PLANTA BAJA	44.40 KG.
RAMPAS	1.62 KG.
PRIMER PISO	30.60 KG.
TERCER PISO	19.44 KG.
QUINTO PISO	19.44 KG.
SEPTIMO PISO	19.44 KG.

	147.90 KG.



176

SIMBOLOGIA.

- ▬ MURO DE CONCRETO
- C-1 COLUMNA 80x80 cm.
- C-2 COLUMNA 50x50 cm.
- SEÑAL DE CAIDA
- SERIE ELECTRICA

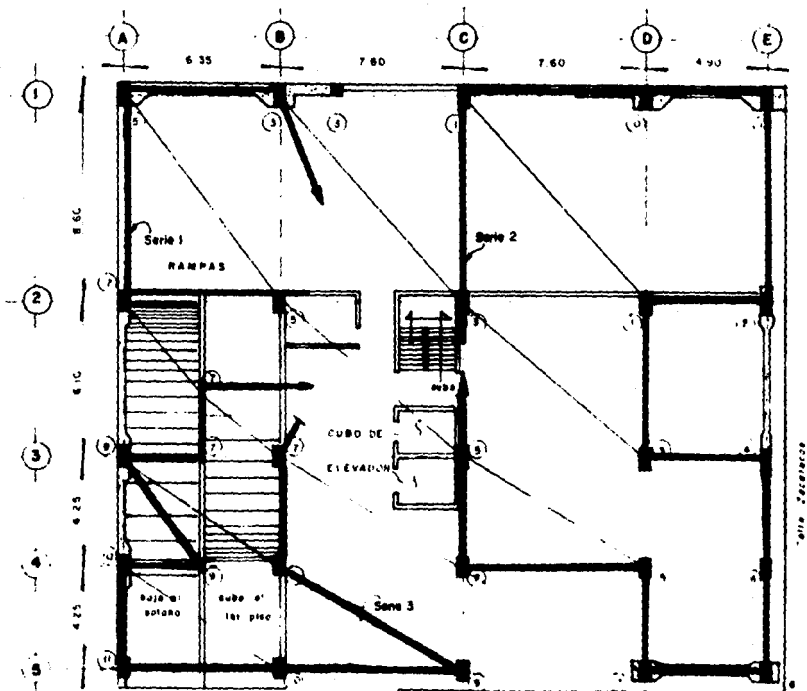
Calle Zecotefeca

PLANTA SOTANO

Calle Monterrey

EDIFICIO MONTERREY No. 158

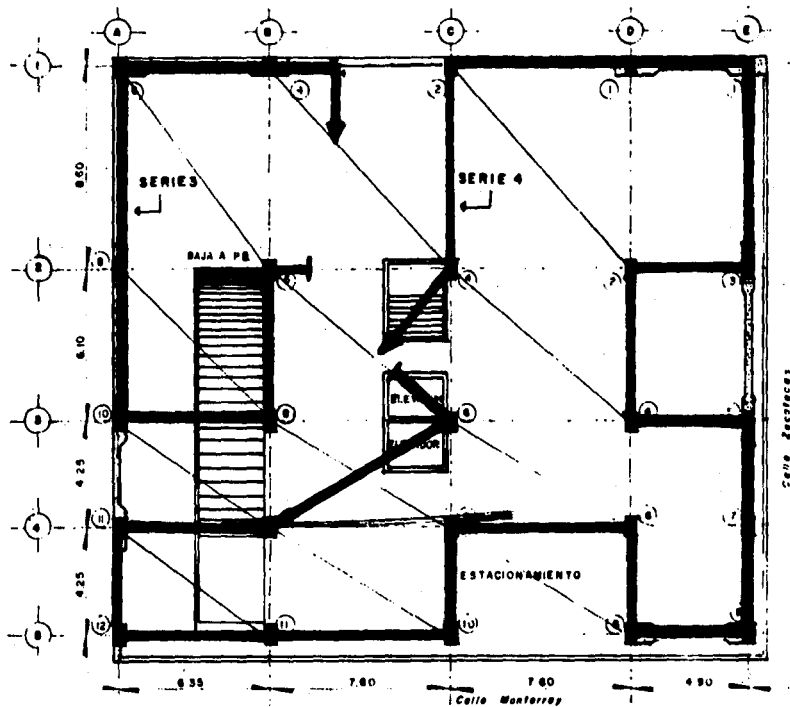




PLANTA BAJA

Calle Monterrey

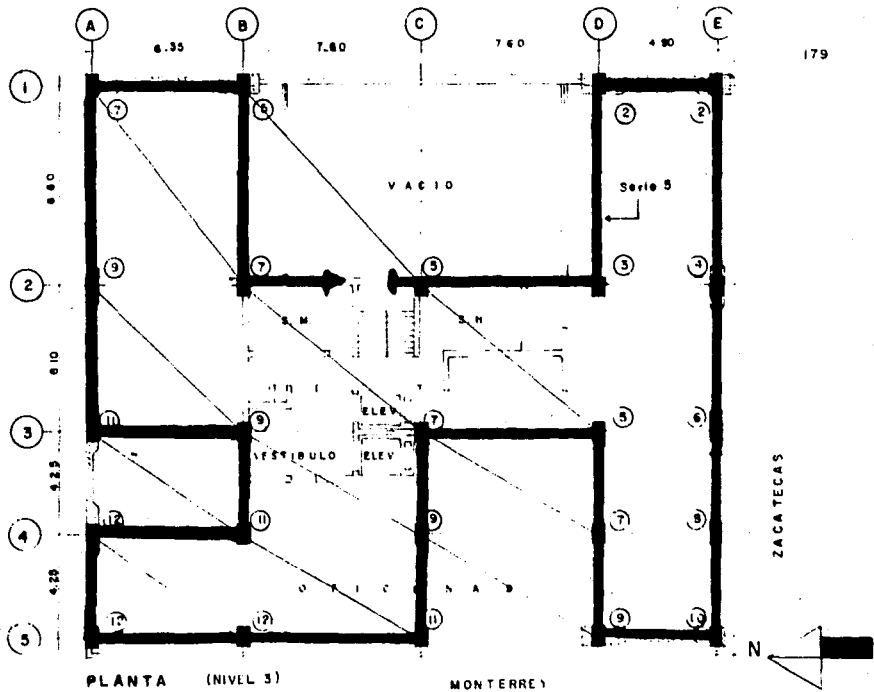
EDIFICIO MONTERREY No 158



PLANTA 1º PISO

Calle Monterrey

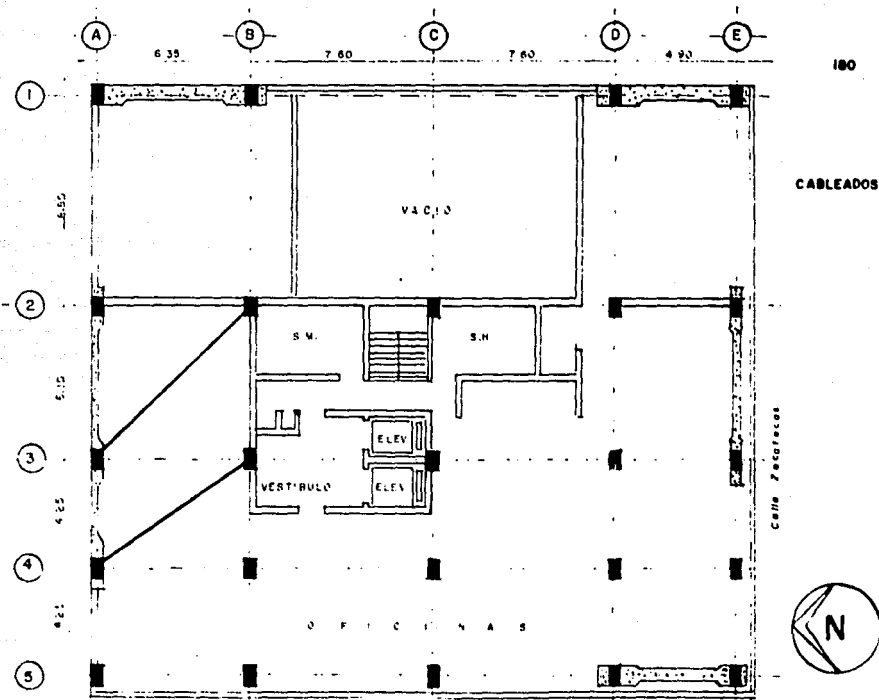
EDIFICIO MONTERREY N. 150



PLANTA (NIVEL 3)

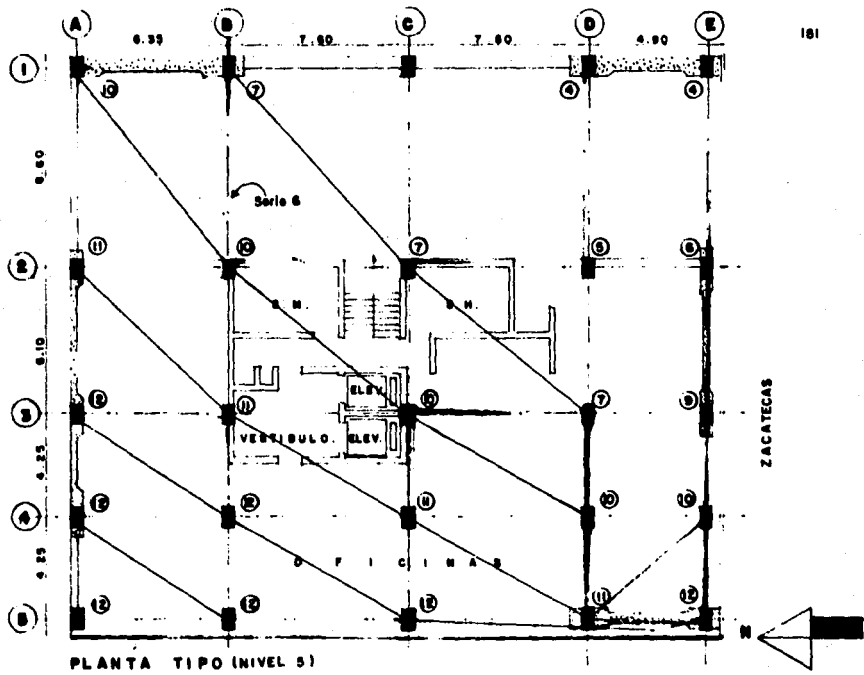
MONTERREY

EDIFICIO MONTERREY N. 158



PLANTA TIPO (NVS. 4 y 6) *C. 10 Monterrey*

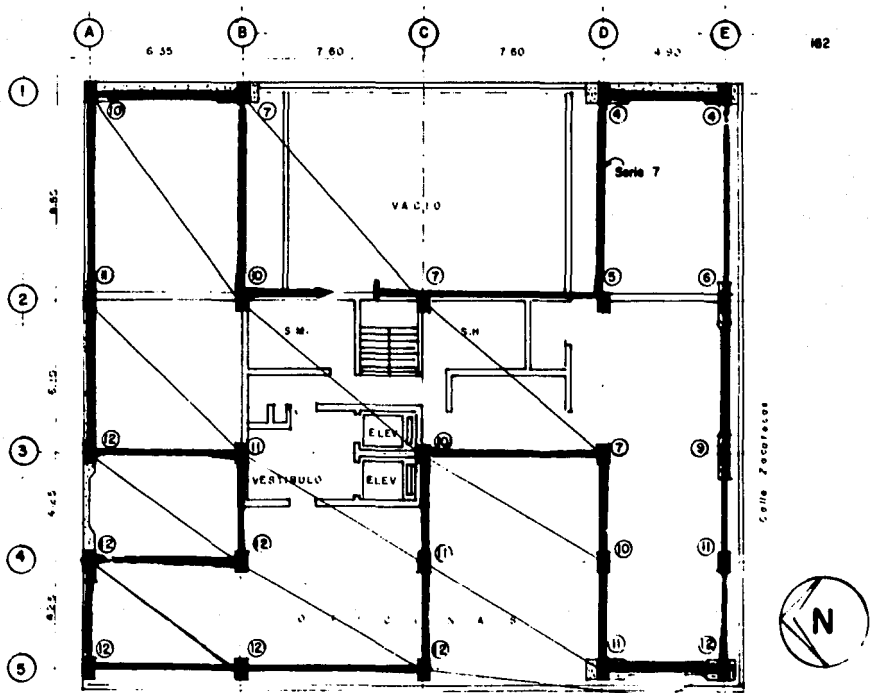
EDIFICIO MONTERREY No 158



PLANTA TIPO (NIVEL 5)

MONTERREY

EDIFICIO MONTERREY N. 158



PLANTA TIPO (NIVEL 7) Calle Monterrey

EDIFICIO MONTERREY No 150

**DEMOLICION EDIFICIO UBICADO EN MONTERREY No. 158 ESQUINA ZACATECAS
PROGRAMA DE TRABAJO**

ACTIVIDAD	D I A S														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEPTIMO PISO															
DEMOLICION MUROS INTERIORES		■	■												
DEMOLICION MUROS EXTERIORES	■	■													
DEMOLICION CUBO DE ELEVADORES	■	■	■												
BARRENACION DE COLUMNAS	■	■	■	■											
PROTECCION DE COLUMNAS		■	■												
QUINTO PISO															
DEMOLICION MUROS INTERIORES			■	■											
DEMOLICION MUROS EXTERIORES		■	■												
DEMOLICION CUBO DE ELEVADORES		■	■	■											
BARRENACION DE COLUMNAS		■	■	■	■										
PROTECCION DE COLUMNAS			■	■											
TERCER PISO															
DEMOLICION MUROS INTERIORES					■	■									
DEMOLICION MUROS EXTERIORES				■	■										
DEMOLICION CUBO DE ELEVADORES				■	■	■									
BARRENACION DE COLUMNAS				■	■	■	■								
PROTECCION DE COLUMNAS					■	■									
PRIMER PISO															
DEMOLICION MUROS INTERIORES							■	■							
DEMOLICION MUROS EXTERIORES							■	■							
DEMOLICION CUBO DE ELEVADORES							■	■							
BARRENACION DE COLUMNAS							■	■	■						
PROTECCION DE COLUMNAS								■	■						
PLANTA BAJA															
DEMOLICION MUROS INTERIORES								■	■	■					
DEMOLICION MUROS EXTERIORES								■	■	■					
DEMOLICION CUBO DE ELEVADORES								■	■	■					
BARRENACION DE COLUMNAS								■	■	■					
PROTECCION DE COLUMNAS									■	■					
PROTECCION PERIMETRAL										■	■				
ROTANO															
ELIMINACION DE AGUA	■	■	■												
DEMOLICION MUROS INTERIORES									■	■					
DEMOLICION CUBO DE ELEVADORES									■	■	■				
BARRENACION DE COLUMNAS									■	■	■				
PROTECCION DE COLUMNAS										■	■				
CARGA DE EXPLOSIVOS												■	■		
CONEXIONES													■	■	
CHEQUE CONEXIONES														■	
CHEQUEO PREVIO A DEMOLICION															■

NO ESTOPINES 0 - 12 TIEMPOS

TIEMPO	SOTANO 4 BARREN.	PLANTA BAJA 4 BARRENOS	PRIMER PISO 3 BARRENOS	TERCER PISO 2 BARRENOS	QUINTO PISO 2 BARRENOS	SEPTIMO PISO 2 BARRENOS	TOTAL
0		8	0	0	0	0	8
1	4	8	6	0	0	0	18
2	0	4	6	4	0	0	14
3	8	16	3	2	0	0	29
4	0	4	12	2	4	4	26
5	12	16	3	6	2	2	41
6	0	4	12	2	2	2	22
7	8	21	3	8	6	6	52
8	0	4	12	2	0	0	18
9	4	16	3	8	2	2	35
10	0	8	9	2	8	8	35
11	0	4	6	6	10	10	36
12	0	0	3	6	14	14	37
---	---	---	---	---	---	---	---
	36	113	78	48	48	48	371

CALCULO DE NUMERO DE SERIES

La cantidad total de estopines es de 371 piezas. Para este cálculo se consideraron estopines de retardo Time Master Atlas, con alambre de cobre de 16 pies, un explosor CD600 Du pont y 400 mts. de alambre de cobre de calibre # 14.

PASO 1.- Resistencia de la línea de encendido 400 mts. $\times 0.00828 \text{ ohm/m} = 3.3 \text{ ohm.}$

PASO 2.- Número equivalente de estopines

$$\frac{371 \text{ pza.} \times 1.50 \text{ ohm/pza.}}{2} = 352 \text{ estopines}$$

PASO 3.- De la tabla de capacidades del explosor CD 600 se tiene que, para una resistencia de la línea de encendido de 4 ohms y 352 estopines se pueden hacer desde 4 hasta 20 series.

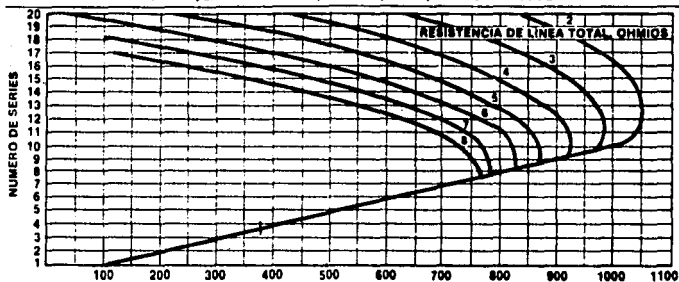
Se decidió distribuir 7 series en paralelo con un máximo de 58 estopines por serie

ANALISIS PARA USO DE RESISTENCIA:

Serie Mayor	=	58 Estopines
Serie Menor	=	48 Estopines
Diferencia	=	10 Estopines
% de Diferencia	=	10
	---	= 20.0 %
		48

Se concluye que deben compensarse las series debido a que rebasa la máxima diferencia aceptable.

TABLA 11-3
Límites de Disparo Recomendados para la Máquina Explosora CD-600 de Du Pont



NUMERO TOTAL DE ESTOPINES ELECTRICOS DE DU PONT DE 2 OHMIOS

Para determinar los límites de la máquina explosora cuando se usan estopines con resistencias que no sean de 2 ohmios, encuentre el número equivalente de los estopines de 2 ohmios como sigue:

No. de Estopines en la Voladura X Resistencia por estopin = Número equivalente de los estopines de 2 Ohmios.

Use este número para encontrar el número recomendado de series. Para condiciones de voladura normales use un número de series que esté entre la línea recta y la línea curva especificando la resistencia total de la línea de voladura

BALANCEO DE SERIES

SERIE	CANTIDAD DE ESTOPINES.	RESISTENCIA POR ESTOPIN	RESISTENCIA POR CABLEADO	RESISTENCIA DE LA SERIE.	RESISTENCIA FALTANTE.
1	56	106.4	1.7	108.1	3.8
2	56	106.4	0	106.4	5.5
3	58	110.2	1.7	111.9	0
4	57	108.3	1.7	110.0	1.9
5	48	91.2	5.0	96.2	15.7
6	48	91.2	8.4	99.6	12.3
7	48	91.2	11.6	102.8	9.1

SE CONSIDERAN ESTOPINES ATLAS EB TIMAMASTER DE 1.9 OHMS DE RESISTENCIA.

EL BALANCEO DEFINITIVO DE LAS SERIES SE LLEVARA A CABO EN EL EDIFICIO DE ACUERDO A LA MEDICION DIRECTA

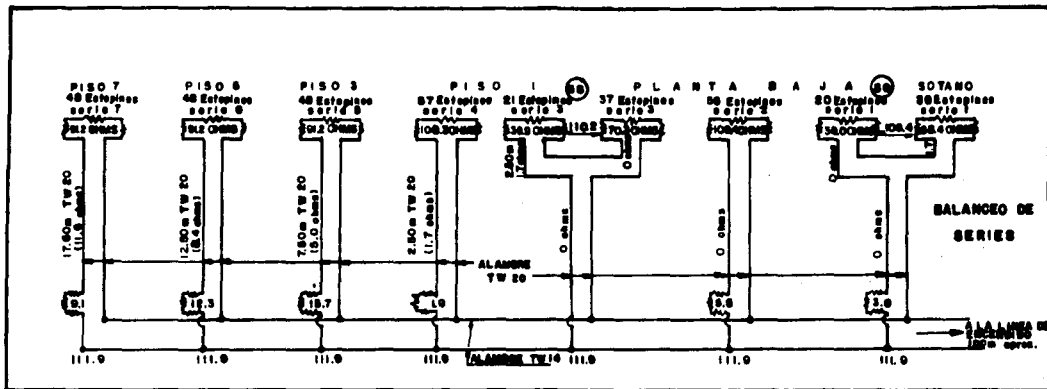


DIAGRAMA DE CONEXIONES

OPERATIVO

Una vez ejecutados los trabajos del proyecto se procede a la realización del programa operativo de la demolición el cual anexo a continuación:

Programa operativo para la ejecución de la demolición del edificio ubicado en Monterrey No. 158.

ACTIVIDADES PREVIAS

*Reunión en la Sala de Juntas de la
Vocalía de Covitur.*

*Asistencia: Sedena, Sedue, Delegación
Cuauhtemoc, S:G:P:V:, Covitur, Dir.
Gral. de Servicios Urbanos, Coconal.*

Asuntos a Revisar:

- 1.- Análisis de acordamiento regional.*
- 2.- Análisis del acordamiento local.*
- 3.- Informe de la Dirección de Servicios
urbanos relativos al plan de control vecinal.*
- 4.- Revisión del plan de protección de instala---
ciones urbanas de Monterrey No. 158.*
- 5.- Implementación del programa de demolición.*
- 6.- Autorizaciones: Sedue, Sedena, S.G.P.V., otras.*
- 7.- Integración de las listas de responsables para el manejo de:*

- A) Seguridad de los operativos.
- B) Explosivos y estopines.
- C) Manejo de cuadrillas de apoyo.

- 1.- Contratistas.
- 2.- Seguridad vial

- D) Seguridad exterior.
- E) Manejo de periodistas e invitados.

- 1.- Edificio propuesto para los periodistas.
- 2.- Edificio propuesto para invitados.

- F) Levantamiento fotográfico notariales de los perimetros de los operativos y su registro en la delegación.

8.- Checar aprovisionamiento DE-- al día.

- A) Materiales explosivos Tovex, estopines, etc.
- B) Alambre calibre 14,20.
- C) Lámparas de gas butano cargadas.
- D) Pinzas e instrumental especial.
- E) Material del dispositivo de acordonamiento.

- 1.- Traslado
- 2.- Colocación
- 3.- Manejo

- F) Malla ciclón, tripay.

- G) *Sismógrafos.- Baterías cargadas*
- H) *Explosor*
- I) *Elementos de apoyo (Bomberos, ambulancias.)*
- J) *Trailers*
- K) *Checar la existencia de radios de intercomunicación para los puestos de mando y sismógrafos.*

9.- Programa de retiro de escombros y reciclaje de escombros y uso posterior del suelo.

Reunión para la revisión de las novedades en los trabajos efectuados en el día, planteamiento de las actividades subsiguientes del programa y chequeo de suministros.

Definición de localización de fotógrafos, técnicos y fotógrafos de prensa en las áreas del operativo previo.

A) Visita de la Dirección de Relaciones Públicas del D.D.F., determinando listas y No. de lugares para puesto de observación.

B) Autorización de los propietarios por medio de la Dirección General de Servicios Urbanos.

Revisión física, cordones regionales de seguridad-distancia.

Reunión para la revisión de avance del programa efectuado en el día, plantamiento de las actividades subsiguientes y chequeo de suministros y

personal para actividades subsecuentes.

Chequeo del suministro de material y la existencia de personal necesario para la protección de fachadas.

Se establece cordón de seguridad - particular y Covitur.

Llegada de vehículo con explosivos.

Prueba de carga.

Inicio preparación de cargas por parte del ejército.

Cuadrilla de personal de constructora para trabajos de apoyo.

Protección de edificaciones.

Traslado e instalación de implementos de seguridad y barras de acuerdo al plan establecido.

Instalaciones cargas explosivas complementarias.

Chequeo de cordón de seguridad en el entorno.

Chequeo de iluminación en zona operativa.

Se dan consignas al cordón de seguridad para continuar durante la noche.

Se checan protecciones de fachadas.

Reunión para la revisión de las observaciones de los trabajos efectuados en el día y chequeo de suministros y personal para trabajos complementarios.

Reunión General en el puesto de mando, ubicado:

1.- Sincronización de relojes.

2.- Informe de novedades.

Se establece cordón regional en el período marcado con elementos de la S.G.P.V.

Iniciación de la evaluación de personas.

Entrada de invitados a puestos de observación determinados.

Entrada técnicos a puestos designados, llegada de los equipos de transferencia cajas y de los hidroaspersores.

Suspensión de vialidad en Av. Monterrey, Av. Yucatan, Zacatecas y Guanajuato, colocación de sismógrafos.

Se indica verificación de la evaluación por personal de la Dirección General de Servicios Urbanos.

Comentarios finales:

Informe de la evaluación de personas a cargo del Sr. -----, entre la Secretaría General de Protección y Vialidad, Secretaría de la Defensa Nacional y Comisión de Vialidad y Transporte Urbano.

Puesto de mando
Chequeo de circuitos

Se suspende entrada de invidiados y personal a el área de operación.

Ubicación de los equipos de seguridad y apoyo en el sitio entrada de periodistas a sus puestos designados.

Tender la línea alámbrica hasta el puesto de mando, conduciendo el explosor.

Nuevo chequeo visual desde el puesto de control y técnico, utilizando la red de radio, enterando a puesto de mando.

Ubicación de pipas en sus lugares de arranque.

Revisión de puesto de mando señal de 5 minutos antes del disparo en el explosor.

3 sonidos de sirena de 5 segundos cada uno.

Ubicación junto a los sismógrafos del personal, que los activará.

Señales, 3 minutos antes del disparo en el explosor - 2 sonidos de sirena de 5 segundos cada uno.

Quedan conectados los sismógrafos señal por radio del puesto de mando técnico, al puesto de mando, de que el personal que los activo esta cubierto.

Autorización del puesto de mando técnico para el inicio de la cuenta

Cuenta regresiva.

Detonación.

Entran equipos hidroaspersores e inician su trabajo.

Inicio de inspección del estado físico de edificaciones.

Se establece nuevamente cordón de seguridad alrededor del edificio, así como restitución de barda.

Entrada de los residentes evacuados a sus domicilios en Av. Monterrey, Yucatán y Zacatecas.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Debido a las ventajas que ofrece el procedimiento de demolición con explosivos, es obligado considerarlo como alternativas en un edificio que se pretenda demoler. Una de las ventajas primordiales de este método es la rapidez con que se puede llevar a cabo, además de que en un edificio con daños estructurales graves implica un menor riesgo, actualmente es competitivo en costo y tiempo con otros procedimientos, adicionalmente, es factible reducir los costos, a medida que se va recorriendo la curva de aprendizaje que es obligado a seguir en toda tecnología nueva.

La alta tecnología desarrollada en la industria de los explosivos, permite aplicar este sistema en zonas urbanas, con alto grado de confiabilidad. Es conveniente, sin embargo, que las construcciones utilicen en la preparación de los edificios al mismo personal que haya intervenido en preparaciones anteriores. Cuando se trate de construcciones nuevas será necesario redoblar la supervisión.

Es necesario que se utilice personal calificado en las rompedoras, en las perforadoras y en las cuadrillas de cortadores para poder obtener los resultados esperados. En el manejo de explosivos, invariablemente, deberá participar únicamente personal altamente calificado y con una amplia experiencia en el manejo de los mismos.

El esquema de retardos que se defina y la utilización de cables, son los

aspectos que pueden tomarse como puntos finos en el procedimiento de demolición con explosivos. Se debe tener especial cuidado en su diseño.

Es indispensable que durante la preparación de los edificios se tomen estrictas medidas de seguridad. Se deberá tener una brigada de topógrafos para que realicen un control permanente del edificio. Así mismo, se deberá realizar una inspección continua del edificio, por personal calificado, para detectar la aparición de grietas o deformaciones en los miembros estructurales.

Hay que tener en cuenta que las preparaciones implican un debilitamiento de la estructura.

Es necesario que se evalúe cada una de las demoliciones, para determinar si los análisis y razonamientos que condujeron a los esquemas de explosivos, retardos y cableados, dan resultados semejantes a los esperados. Con esto se podrán mejorar los esquemas utilizados en demoliciones posteriores.

Los resultados obtenidos del edificio referido en el capítulo V, fueron bastante satisfactorios, ya que la caída del escombros no invadió la calle de Zacatecas y fué en dirección oriente, no exactamente a lo planeado pero no hubo problemas graves en colindancias con excepción de una barda perimetral que se derrumbó en una casa habitación del lado oriente.

La fragmentación del edificio fué buena, ya que solamente quedaron muros perimetrales del lado poniente semienteros, lo cual ya se había previsto.

No se dañaron ningún tipo de instalaciones subterráneas, por lo que el colchón de protección previamente colocado cumplió con su cometido.

Nuevamente el sistema de retardos en forma de arco funcionó adecuadamente dando como resultado una caída acorde con lo planeado.

Las protecciones en general cumplieron con su objetivo, ya que no hubo problemas de rotura de cristales de ventanas y puertas ni salida de proyectiles que pudieran poner en peligro la seguridad pública.

Para concluir manifiesto que el éxito conseguido en estas demoliciones se debe a la gran labor en conjunto por parte de todo el personal que intervino en ellas.

BIBLIOGRAFIA

Manual Para el Uso de Explosivos
E.I. Du Pont de Ne Mours Co.
Editorial litografía Regina de Los Angeles
México, D.F. 1983

Demolición Técnica Mediante el Uso de Explosivos
Apuntes del Centro de Estudios Mediante el Uso de Explosivos,
A.C

El sismo del 19 de septiembre de 1985
Informe Geofísico y Evaluación preliminar
Dr. Ismael Herrera Revilla
Dr. Lautaro Ponce
Dr. Juan Manuel Espindola

Revista IMCYC
Vol. 23 No. 176 diciembre - enero de 1986
México, D.F.

Revista IMCYC
Vol. 24 No. 184 septiembre de 1986
México, D.F.

Revista Mexicana de la Construcción
No. 374 diciembre de 1985
México, D.F.